

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TECNICO ECONOMICA PARA LA
IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS EN COTECMAR SEDE MAMONAL**

NOMBRE DE LOS AUTORES:

FEDERICA ESCOBAR DE LA ESPRIELLA

FABIAN ENRIQUE OCAMPO MERCADO

DIRECTOR DEL TRABAJO:

ING. CARMENZA LUNA AMAYA PH. D.

MAESTRIA INGENIERIA ADMINISTRATIVA

UNIVERSIDAD DEL NORTE

DEPARTAMENTO INGENIERÍA INDUSTRIAL

BARRANQUILLA, JUNIO DE 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Federica Escobar de la Espriella, identificada con cédula de ciudadanía No. 45.564.716 expedida en Cartagena y Fabian Enrique Ocampo Mercado, identificado con cédula de ciudadanía No. 72.200.016 expedida en Barranquilla, declaramos que somos los únicos autores del Proyecto de Grado titulado: “ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TECNICO ECONOMICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN COTECMAR SEDE MAMONAL.”. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a:

A DIOS

Por su Amor, Bendiciones y Bondad incondicional que nos permite haber llegado al logro de los objetivos propuestos.

A NUESTRAS FAMILIAS

Por brindarnos el apoyo durante todo el proceso, por comprender nuestras ausencias y darnos el apoyo cuando lo necesitamos e impulso de más para no desfallecer.

A LOS DIRECTIVOS

De la Corporación de Ciencia y Tecnología COTECMAR, por el apoyo en el suministro de información requerida para el desarrollo del proyecto y a la empresa AJOVER por la oportunidad de seguir superándome y lograr una meta más en la vida.

A LA DIRECTORA

A la Dra. Carmenza Luna Amaya por su paciencia, guía, asesoría y contribución al desarrollo del proyecto.

A NUESTROS COMPAÑEROS DE ESTUDIO

Por su camaradería, lealtad y respeto. Convirtiéndose hoy en día en nuestros amigos. Amistad que forjamos en esas largas jornadas de estudios, a través de nuestras angustias y felicidades, hoy logramos la meta y finaliza una etapa más en nuestras vidas.

PREFACIO

“Una cosa es correcta cuando tiende a preservar la integridad, estabilidad y belleza de la comunidad biótica. Es incorrecto cuando tiende a lo contrario.”

- Aldo Leopold-

“Innovar es encontrar nuevos o mejores usos a los recursos con los que ya disponemos.”

- Peter F. Drucker-

Tabla de Contenido

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO 1. PRESENTACION DEL PROYECTO	18
1.1 ANTECEDENTES	18
1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	20
1.3 JUSTIFICACION	22
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	24
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	25
1.5 METODOLOGIA	25
1.5.1 ETAPA 1. DEFINICION SITUACION ACTUAL	26
1.5.2 ETAPA 2. ESTUDIO TÉCNICO	26
1.5.3 ETAPA 3. ESTUDIO ECONÓMICO	26
1.5.4 ETAPA 4. VALIDACIÓN	27
1.5.5 ETAPA 5. CIERRE DEL PROYECTO	27
1.6 COMENTARIOS FINALES	27
CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA	29

2.1	MARCO CONCEPTUAL	29
2.1.1	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	29
2.1.2	PARÁMETRO FÍSICO-QUÍMICO	29
2.1.3	PRETRATAMIENTO.....	31
2.1.4	TRATAMIENTO PRIMARIO	31
2.1.5	TRATAMIENTO SECUNDARIO	32
2.2	ESTADO DEL ARTE: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	33
2.3	MARCO TEORICO	35
2.3.1	BASE CONCEPTUAL DEL AGUA RESIDUAL.....	35
2.3.2	ESTUDIO TÉCNICO.....	64
2.3.3	ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO	66
2.4	MARCO LEGAL	66
2.4.1	NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANA RELACIONADAS CON EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	67
2.4.2	NORMATIVIDAD VIGENTE	69
2.5	MARCO ESPACIAL	71
2.6	COMENTARIOS FINALES.....	72
CAPITULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO		73
3.1	DEFINICION DE SITUACION ACTUAL.....	73

3.1.1	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS VERTIDAS	76
3.2	ESTUDIO TÉCNICO	82
3.2.1	LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DEL PROYECTO.....	83
3.2.2	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE LA PLANTA	84
3.2.3	TAMAÑO ÓPTIMO DEL PROYECTO	86
3.2.4	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	87
3.2.5	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	89
3.2.6	CRONOGRAMA DE INVERSIÓN	90
3.2.7	ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO DE LAS DOS TECNOLOGÍAS.	91
3.2.8	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LAS DOS TECNOLOGÍAS	97
3.3	ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO	106
3.3.1	EVALUACIÓN ECONÓMICA	106
3.3.2	INVERSIÓN EN PTAR-SBR VS MULTAS POR INCUMPLIMIENTO AMBIENTAL.....	109
3.4	ESTUDIO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	112
3.4.1	ESTUDIO DE BENCHMARKING EN EMPRESAS DEL ENTORNO CON PROBLEMÁTICA SIMILAR.....	112
3.4.2	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS (SBR Y MBBR) ...	126

CAPITULO 4: VALIDACION.....	132
4.1 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	132
4.2 PLAN DE IMPLEMENTACION.....	135
4.2.1 FASE 1. INICIACION.....	138
4.2.2 FASE 2. DESARROLLO DE CONCEPTO, ELABORACIÓN DE OFERTAS Y PROPUESTAS	144
4.2.3 FASE 3. NEGOCIACIÓN DE OFERTAS	150
4.2.4 FASE 4. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	152
4.2.5 FASE 5. EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	160
4.2.6 FASE 6. CIERRE.....	163
CONCLUSION	167
RECOMENDACIÓN	169
Bibliografía	170
Anexos	176

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.3.1: Composición Típica del Agua Residual Doméstica	36
Tabla 2.3.2: Composición Media Líquido Cloacal Doméstico	37
Tabla 2.3.3: Concentración (mg/L) de los Contaminantes del Agua Residual	38
Tabla 2.4.1: Normas Técnicas de Colombia	67
Tabla 2.4.2: Especificaciones de Cumplimiento	70
Tabla 3.1.1: Seguimiento tanque Vestieres.....	78
Tabla 3.1.2: Seguimiento tanque ADMON	79
Tabla 3.1.3: Seguimiento tanque Mecánica	79
Tabla 3.1.4: Seguimiento tanque OFSIG	80
Tabla 3.1.5: Seguimiento tanque Pailería	80
Tabla 3.1.6: Seguimiento tanque GECON	81
Tabla 3.1.7 Entrada y Salida por Tanque de DBO_5	81
Tabla 3.1.8 Calculo Porcentaje de Remoción DBO_5	82
Tabla 3.2.1: Caudales históricos Planta Mamonal	85
Tabla 3.2.2: Cálculo capacidad Planta de Tratamiento	85
Tabla 3.2.3: Presupuesto de Inversión.....	89
Tabla 3.2.4 Cronograma de Inversión Presupuestado	90

Tabla 3.2.5: Ventajas y Desventajas de las Tecnologías SBR Y MBBR	95
Tabla 3.2.6: Características de la PTAR SBR.....	98
Tabla 3.2.7: Medidas Tanque de homogenización.....	100
Tabla 3.2.8: Especificaciones del aireador	100
Tabla 3.2.9: Sistema de dosificación de desinfectante	100
Tabla 3.2.10: Capacidad tanque de contacto.....	101
Tabla 3.2.11: Dimensiones de lechos de secado	102
Tabla 3.2.12: Características PTAR MBBR.....	103
Tabla 3.3.1: Cotización de PTAR SBR.....	107
Tabla 3.3.2: Cotización de la PTAR MBBR	108
Tabla 3.3.3: Tabla de Mínimo Costo	109
Tabla 3.3.4: Costos de PTAR SBR vs Multas anuales.....	109
Tabla 3.3.5: Proyección anual de costos PTAR-SBR.....	111
Tabla 3.3.6: Proyección de Multa Ambiental	111
Tabla 3.4.1: Parámetros de Vertimiento AJOVER S.A.S	115
Tabla 3.4.2: Caracterización de Aguas Residuales de AJOVER S.A.S	116
Tabla 3.4.3: Parámetros de variables ExxonMobil	117
Tabla 3.4.4: Caracterización de aguas residuales de ExxonMobil	117

Tabla 3.4.5: Parámetros de Variables Malteria Tropical.....	119
Tabla 3.4.6: Caracterización de Aguas Residuales Malteria Tropical	120
Tabla 3.4.7: Comparación Técnica de las dos tecnologías	126
Tabla 3.4.8: Comparación General de las dos tecnologías	127
Tabla 3.4.9: Comparación Económica de las dos tecnologías.....	128
Tabla 3.4.10: Comparación Comercial de las dos tecnologías	129
Tabla 4.1.1: Ponderación de aspectos a evaluar	132
Tabla 4.1.2: Resultados de Estudio Técnico	133
Tabla 4.1.3: Resultado de Estudio Económico.....	133
Tabla 4.1.4: Resultados de la Ponderación Marco Legal	134
Tabla 4.1.5: Resultado Final de validación de resultados	135
Tabla 4.2.1 Descripción de las Etapas del Plan de Implementación	138
Tabla 4.2.2 Proje Charter	139
Tabla 4.2.3 Lista de Chequeos Fase 1.....	143
Tabla 4.2.4 Lista de Chequeos Fase 2.....	149
Tabla 4.2.5 Formato Estimación de Costos	150
Tabla 4.2.6 Lista de Chequeos Fase 4.....	158
Tabla 4.2.7 Lista de Chequeos Fase 5.....	162

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 2.3.1: Esquema de Tratamiento de Lodos Activados (SBR)	58
Imagen 2.3.2: Proceso Anaerobio de Manto de Lodos	61
Imagen 2.3.3: Esquema del Tratamiento de las Aguas Residuales	62
Imagen 3.1.1: Esquema Red Hídrica COTECMAR	74
Imagen 3.1.2: Mejoras realizadas en la infraestructura	76
Imagen 3.1.3: Toma de muestras	77
Imagen 3.1.4: Recorrido para la toma de muestras	78
Imagen 3.2.1: Distribución de áreas del complejo Mamonal	84
Imagen 3.2.2: Proceso de Tecnología SBR	93
Imagen 3.2.3: Proceso Tecnología MBBR	95
Imagen 3.4.1: Mapa de empresas de estudio Benchmarking	114
Imagen 3.4.2: Esquema de Reactor Anaerobio	119

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 3.4.1: pH de empresas de estudio	121
Gráfica 3.4.2: Porcentaje de remoción de la DBO ₅ de empresas de estudio	121
Gráfica 3.4.3: Porcentaje de remoción de los SST de empresas de estudio	122
Gráfica 3.4.4: Remoción de Aceites y grasas de empresas de estudio	122
Gráfica 3.4.5: Caudal Utilizado vs Caudal diseñado (m ³ /día).....	124
Gráfica 4.2.1 Etapas Plan de Implementación	136
Gráfica 4.2.2 Correlación entre la Estructura PMBOK y el Plan de Implementación ..	137
Gráfica 4.2.3 Identificación de la Fase 2.	145
Gráfica 4.2.4 Elaboración de la Oferta	145
Gráfica 4.2.5 Elaboración de la EDT	148
Gráfica 4.2.6 Cronograma de Proyecto.....	153
Gráfica 4.2.7 Plan de Costos	154
Gráfica 4.2.8 Plan de Riesgos.....	155
Gráfica 4.2.9 Plan de Calidad	157
Gráfica 4.2.10 Plan de Comunicaciones	158
Gráfica 4.2.11 Identificación de la Fase 5.	160

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Equipo Kit Hact Fish Farming.....	176
Anexo 2: Equipos Multiparámetro	177
Anexo 3 Encuestas a empresas del entorno.....	178

RESUMEN

El presente documento tiene como propósito fundamental determinar la viabilidad técnica, económica, legal y ambiental de la implementación de una planta para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la corporación de ciencia y tecnología COTECMAR, como solución para la mejora de remoción de la carga contaminante generada. Dentro del documento se menciona la situación actual del tratamiento de estas aguas en la compañía, además se define que es una planta de tratamiento de aguas residuales, y se indican los objetivos principales y secundarios del proyecto así como su justificación.

Se explica el aspecto técnico del proyecto, se describe el proceso de tratamiento de las aguas, y se indican los diferentes componentes de la planta de tratamiento a desarrollarse, adicionalmente se indica la localización de la toma de muestras del proyecto.

Adicional se analiza el aspecto económico y financiero, detallando los diferentes rubros de los cuales depende el proyecto, como son inversiones, costos operativos, etc., también se determina la factibilidad financiera mediante un análisis de mínimo costo.

Se indica el impacto ambiental y el cumplimiento de la normatividad vigente legal establecida por el gobierno nacional, luego se realiza un estudio de benchmarking en empresas del entorno con el fin de evaluar y dar solución a la problemática.

Finalmente se presentan las conclusiones y la bibliografía empleada. Este documento pretende ser un aporte importante para la planeación y la toma de decisiones de los encargados del proyecto para COTECMAR en la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Palabras Clave: Planta de tratamiento de aguas residuales, Lodos Activados (SBR), Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), Vertimiento, Estudio Técnico-económico.

ABSTRACT

The main purpose of this document is to determine the technical, economic, legal and environmental feasibility of the implementation of a domestic water treatment plant in the company COTECMAR located in Mamonal, as a solution for the removal of the pollutant load generated. This document illustrates the current situation of wastewater treatment in the company, and defines and describes what a water treatment plant is. Additionally, main and secondary project objectives are described, as well as the basis for the project.

The technical aspects of the project are explained and the water treatment process is described along with the different components of the water treatment plant. Furthermore, the location of all samples being taken is specified.

The project's economic and financial aspects are analyzed, detailing the different items the project depends on, such as investments, operating costs, etc. The project's financial feasibility is assessed through a minimum cost analysis.

The environmental impact is described, as well as the compliance with the current legal regulations established by the national government. A Benchmarking study of companies in the vicinity was carried out in order to further understand the current situation and the problems stemming from it, so as to propose an effective solution.

Finally the conclusions and the bibliography are presented. This document intends to be an important contribution for the planning and decision-making of COTECMAR's project managers in the implementation of the water treatment plant.

Key Words: Wastewater treatment plant (WWTP), Activated Sludge Reactor (SBR), Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), Shedding, Technical-economic study.

INTRODUCCIÓN

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial (COTECMAR), es una corporación de ciencia y tecnología sin ánimo de lucro, con naturaleza jurídica de entidad descentralizada indirecta vinculada al Ministerio de Defensa Nacional, con régimen jurídico de derecho privado y presupuesto propio. Su sede principal se encuentra en la zona Industrial de Cartagena de Indias (Mamonal), responsable del desarrollo de diseños y proyectos marítimos innovadores y del mantenimiento, reparación y construcción de buques tanto navales como industriales (mercantes, remolcadores, etc.). En la zona Industrial de Mamonal carece del servicio de alcantarillado público, lo cual obliga a que todas las empresas del sector Industrial implementen las medidas necesarias e instalen sistemas de tratamientos de sus aguas domésticas con el fin de garantizar que sus vertimientos cumplan con los requisitos legales ambientales.

Actualmente, las aguas residuales domésticas en COTECMAR, que llamaremos para este estudio la Corporación, son tratadas biológicamente mediante el sistema de pozos sépticos, a los cuales se les dosifica enzimas que actúan como catalizador en el proceso de degradación de materia orgánica. Este sistema genera un alto impacto en los costos de la Corporación debido al mantenimiento requerido para operar de manera eficaz y dar cumplimiento a las normas ambientales y legales actuales. Cabe resaltar que el sistema actual no ofrece garantía en el cumplimiento normativo debido a la tecnología que esta representa (pozos sépticos); cualquier cambio en la fuente puede alterar las condiciones de vertimiento ocasionando una contaminación en la descarga. Este incumplimiento ambiental podría generar sanciones legales desde una sanción económica o multa hasta el cierre temporal de la operación.

La presente monografía tiene como finalidad realizar un estudio que permita seleccionar la alternativa técnico-económica adecuada para el tratamiento de aguas residuales domésticas en COTECMAR sede Mamonal, garantizando el cumplimiento en el ámbito legal y ambiental utilizando tecnologías de punta.

CAPITULO 1. PRESENTACION DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

En el informe de auditoría del año 2015 realizado por la Contraloría General de la Republica a la Corporación, se evidenciaron unos hallazgos ambientales, los cuales generaron una serie de alertas sobre el posible incumplimiento a la normatividad vigente por la descarga de los vertimientos de aguas domésticas a la Bahía de Cartagena.

El 13 de junio del 2016 se emitió la noticia donde La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (COTECMAR) está descargando aguas residuales domésticas de manera ilegal, en su planta de Mamonal, sin contar con el permiso respectivo de la Corporación Autónoma Regional del Dique, CARDIQUE, con el consiguiente riesgo de afectación para el medio acuático local de la Bahía de Cartagena”.

Así lo dio a conocer la Contraloría General de la República (CGR) al reportar los hallazgos ambientales detectados en la auditoría de la vigencia 2015 a ese astillero, y que acaba de ser liberado por la Contraloría delegada para el sector defensa, justicia y seguridad (Caracol).

“Aunque previo a su descarga las aguas servidas domésticas son sometidas a procesos de reducción de su carga orgánica, para cumplir con el decreto 2667 de 2012, no existe un permiso de vertimiento otorgado por CARDIQUE”, precisa el informe de la Contraloría (Minambiente, 2012).

COTECMAR presentó la solicitud de legalización ante esta autoridad, el 8 de octubre de 2013 y CARDIQUE dio inicio a dicho trámite el 17 de febrero de 2016.

Para la Contraloría, “la falta de oportunidad en el seguimiento, al requerimiento hecho a la autoridad ambiental, para la legalización de sus descargas de aguas servidas domésticas, ha permitido que se siga dando vertimiento, sin contar con las

evaluaciones técnicas de la autoridad ambiental, que aseguren que los ocho (8) procesos de tratamiento aplicados por COTECMAR permitan lograr las metas de reducción de cargas orgánicas, y no se impacte significativamente el medio acuático local de la Bahía de Cartagena”. Por lo cual el hallazgo de la CGR fue trasladado a CARDIQUE.

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial - COTECMAR está comprometida con la preservación conservación del Medio Ambiente y cada uno de sus procesos está ligado de primera mano a alcanzar el desarrollo sostenible que garantice armonía entre el crecimiento económico, el cuidado y preservación del Medio Ambiente.

Según el boletín de prensa emitido el 13 de junio de 2016 por la Contraloría, las aguas servidas domésticas de COTECMAR son sometidas a procesos de reducción de su carga orgánica, para cumplir con el Decreto 2667 de 2012 que reglamenta la tasa retributiva para la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.

En el año 2016 el ente regulador ambiental CARDIQUE, otorgó el permiso para vertimiento de aguas residuales domésticas bajo la resolución 0609 de 24 de mayo de 2016 con el que evidencia y certifica el manejo adecuado que ha realizado permanentemente la empresa en cuanto a sus políticas y planes de manejo ambiental. En el desarrollo de su actividad COTECMAR reporta monitoreo periódicos a través de empresa especializada, encargada de enviar las muestras recolectadas en la planta Mamonal para ser analizadas en los laboratorios de CARDIQUE, cuyos resultados garantizan la calidad de las aguas domésticas servidas en la bahía de Cartagena, evidenciando así la inexistencia de contaminación al cuerpo de agua como resultado de las actividades de la Corporación.

La Corporación no ha sido multada, sancionada o se ha evidenciado hallazgo alguno sobre vertimiento de aguas residuales domésticas contaminadas o sobre manejo de

residuos sólidos. Cabe destacar que COTECMAR desarrolla un programa de manejo ambiental integral con protocolos de recolección y disposición final con empresas especializadas que realizan actividades certificadas.

COTECMAR valora el aporte de las entidades de control que le permiten su crecimiento permanente, así como su desarrollo misional con responsabilidad social y garantizando la sostenibilidad del medio ambiente.

1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

En la zona industrial Mamonal de Cartagena, el servicio de alcantarillado público no se viene brindando a todas las empresas que se encuentran en dicho sector, por lo que cada Corporación que carezca de este, se debe ir encargando de auto gestionar su prestación; COTECMAR para satisfacer esta necesidad, construyó un canal que atraviesa toda la planta recolectando las aguas servidas de sus distintas edificaciones y finalmente viene realizando el vertimiento a la bahía de Cartagena. Actualmente las aguas residuales están siendo tratadas biológicamente mediante el sistema de pozos sépticos, a los cuales se les dosifica enzimas que actúan como catalizador en el proceso de degradación de materia orgánica.

El control de los vertimientos ha venido requiriendo un incremento del Talento Humano en la operación de esta actividad con el fin de garantizar que estos vertimientos no generan impactos negativos en la calidad del agua de la Bahía. Para lo anterior, la Corporación generó un plan de calidad de la gestión de sus vertimientos lo cual incluía la adquisición de un equipo de monitoreo para medir de manera manual, periódico y en tiempo real los parámetros que indican la calidad del agua (pH, Oxígeno Disuelto, Temperatura, conductividad, DBO₅). Así mismo, con el fin de optimizar el sistema de tratamiento de las aguas residuales, se instalaron aireadores y dispositivos de inyección de enzimas para acelerar el proceso de degradación de la materia orgánica en cada uno de los pozos sépticos.

A la fecha, el resultado que se ha ido obteniendo del programa de monitoreo a las variables de la calidad del agua están evidenciando que con el sistema actual de tratamiento existe un alto riesgo de incumplimiento a la normatividad vigente ya que los valores se encuentran muy cerca a los límites permitidos.

La Corporación cuenta con un permiso de vertimientos otorgado por la autoridad ambiental CARDIQUE en mayo de 2016. El documento es regido por el Decreto 1594 de 1984 debido a que el vertimiento final se realiza en aguas marinas; allí, se establecen los porcentajes de remoción de los distintos parámetros que deben ser cumplidos por los tratamientos ejecutados en la planta antes de realizar la descarga y se hace énfasis en el no cumplimiento de algunos indicadores por parte de COTECMAR. Por tal motivo, para su expedición se ha impuesto la condición de que la empresa se compromete a optimizar su sistema de tratamiento con el fin de alcanzar las metas propuestas, pero en caso tal de que esto no fuese posible para el segundo semestre de 2016, se debía presentar un método de tratamiento alternativo que pueda garantizar la remoción deseada, en donde se sugiere por parte de la autoridad ambiental la construcción de una planta de tratamiento de agua residual.

Cabe resaltar que, a mediados de noviembre de 2016, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible puso en consulta pública la propuesta de modificación del decreto reglamentario 1076/2015, en lo relacionado con el Ordenamiento de Recurso Hídrico y Vertimientos. Con este decreto se está evidenciando que la visión del Ministerio de Ambiente de actualizar las normas vigentes en lo referente a los vertimientos, modificando el tipo, las cantidades de variables a controlar y los rangos permitidos, lo cual viene incrementando el nivel de riesgo de incumplimiento de la Corporación ocasionando posibles multas o sanciones de alto impacto, si mantiene el actual sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

En el mercado actual se han diseñado y probado sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, implementado diferentes tecnologías de punta las cuales garantizan el cumplimiento normativo. Estos diseños son ajustados a las necesidades

de cada cliente con el fin de optimizar los recursos, haciendo énfasis en los costos de operación, mantenimiento, actualización de equipos, minimizando las áreas e impacto ambiental; es necesario anotar que si no se toman las medidas pertinentes, podría ser sancionada la Corporación y traer consecuencias indeseadas; con el estudio técnico económico de las diferentes alternativas tecnológicas, se tendrán los criterios, fundamentos y bases para seleccionar la alternativa más adecuada ofreciendo una solución a la problemática actual del vertimiento de aguas residuales domésticas de la sede Mamonal; una manera efectiva de evitar y solucionar la mayor parte de problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales es mediante la aplicación de un tratamiento a la misma. La ejecución de un proceso de tratamiento de agua residual permite disminuir la contaminación al ecosistema y la mejora de la salud de los habitantes del sector.

1.3 JUSTIFICACION

El agua es un recurso muy importante que forma del estilo de vida del ser humano; se le da diversos usos: alimentación, higiene personal, recreación, turismo, entre otras; el agua de suministro doméstico e industrial, una vez utilizada contiene una gran cantidad de microorganismos patógenos, sólidos en suspensión, materia orgánica, metales pesados, compuestos volátiles y otros elementos que al ser liberados, sin un previo tratamiento conducen a un deterioro ambiental. Generalmente estas aguas residuales son descargadas directamente en las corrientes y cuerpos superficiales de agua, alterando su calidad y generando problemas ambientales a tal grado que el agua quede inutilizable, por lo que el estudio impactará positivamente en la comunidad al darle mejor tratamiento al agua que se emplea en la Corporación y beneficiará la imagen corporativa de COTECMAR dando evidencias de ser una entidad comprometida con el desarrollo sostenible ante el resultado de un buen manejo del agua.

Hace mucha falta en el mundo, y Cartagena y su área metropolitana no son la excepción de ciudad el agua ya que según la ONU más de 2.000 millones de personas no tiene acceso al agua potable y más de 1.500 millones la consumen en pésimas

condiciones (ONU, 2011), por lo que las aguas tratadas en la gestión de la Corporación será más fácil de reutilizar o al menos no impactará en el deterioro de su entorno; resaltase que con el paso del tiempo, las tecnologías y métodos usados para realizar los distintos tratamientos de agua, han ido mejorando su eficiencia, razón por la cual, es importante que COTECMAR en aras de estar a la vanguardia del medio ambiente, impulse el cambio de sistemas de pozos sépticos a planta de tratamiento de aguas residuales para así, reducir la carga orgánica que actualmente vierte a la bahía de Cartagena. Por este motivo, se pretende incentivar a la empresa a dar un paso más en su misión de ser una entidad ambientalmente responsable y aportar así, al cumplimiento de su visión corporativa.

Adicionalmente COTECMAR declara en su misión que desarrolla capacidades científicas y tecnológicas a través de la innovación en productos, servicios y procesos, dirigidos a satisfacer de forma integral las necesidades de la Armada Nacional y de la industria naval, marítima y fluvial, liderando el crecimiento sostenible del sector en un marco de responsabilidad social, por lo cual, cabe recordar la importancia del Informe Brundtland (Gómez de Segura, 2008); el cual fue elaborado por distintas naciones en 1987 para la ONU, por una comisión encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland, entonces primera ministra de Noruega, que fue el primer intento de eliminar la confrontación entre desarrollo y sostenibilidad. En este informe se analizó la situación del mundo en ese momento y demostró que el camino que la sociedad global había tomado, estaba destruyendo el ambiente por un lado y dejando a cada vez más gente en la pobreza y la vulnerabilidad. El propósito de este informe fue encontrar medios prácticos para revertir los problemas ambientales y de desarrollo del mundo. El documento postuló principalmente que la protección ambiental había dejado de ser una tarea nacional o regional para convertirse en un problema global. Todo el planeta debía trabajar para revertir la degradación actual. También señaló que debíamos dejar de ver al desarrollo y al ambiente como si fueran cuestiones separadas. Por último, señala que el desarrollo dejaba de ser un problema exclusivo de los países que no lo tenían.

Con este análisis se ratifica la importancia y la pertinencia del presente estudio, el cual se encuentra alineado a la declaración de la Misión Corporativa con la responsabilidad de protección del medio ambiente, bajo la proyección de sostenibilidad en el crecimiento de la corporación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio Técnico-Económico para determinar la factibilidad de implementación de una Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas en la Planta de Mamonal de COTECMAR con el fin de dar cumplimiento a la normatividad legal vigente para el vertimiento de aguas a cuerpos marinos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.4.2.1 Identificar las características y propiedades relevantes de las tecnologías existentes para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.
- 1.4.2.2 Monitorear y analizar el comportamiento de las variables actuales del agua vertida con el fin de minimizar el impacto ambiental y dar cumplimiento a la regulación ambiental vigente.
- 1.4.2.3 Realizar un análisis comparativo de dos alternativas de sistemas para el tratamiento de aguas domésticas para seleccionar el sistema de tratamiento de Aguas Domésticas más óptimo para los beneficios técnicos, económicos y medioambientales para la Corporación.
- 1.4.2.4 Entregar plan de implementación a la empresa COTECMAR con el fin de consolidar y contemplar las especificaciones y restricciones en que se basa el proyecto.

1.5 METODOLOGIA

Para el desarrollo de la propuesta de seleccionar la mejor alternativa técnica económica se seguirán cuatro etapas de investigación que serán descritas a continuación para establecer bajo el cumplimiento de la normativa legal vigente el método del tratamiento de aguas residuales domésticas acertado para la empresa COTECMAR en la sede de Mamonal.

1.5.1 ETAPA 1. DEFINICION SITUACION ACTUAL

Se realizará un levantamiento en campo con el fin de establecer las condiciones espaciales y de infraestructura con la que cuenta el complejo, describiendo las metodologías de tratamiento de las aguas residuales que actualmente se vierte, junto al monitoreo de las características físico químicas de estas últimas.

1.5.2 ETAPA 2. ESTUDIO TÉCNICO

Con el estudio técnico se pretende resolver las preguntas referentes a dónde, cuánto, cuándo, cómo y con qué se debe construir la Planta de Tratamiento más adecuada a las necesidades de la Corporación.

- 1.5.2.1 Determinar la localización más adecuada en base a factores que condicionen su mejor ubicación.
- 1.5.2.2 Enunciar las características con que cuenta la zona de influencia.
- 1.5.2.3 Definir el tamaño y capacidad.
- 1.5.2.4 Mostrar la distribución y diseño de las instalaciones.
- 1.5.2.5 Especificar el presupuesto de inversión.
- 1.5.2.6 Incluir un cronograma de inversión de las actividades que se contemplan en el proyecto hasta su puesta en marcha.

1.5.3 ETAPA 3. ESTUDIO ECONÓMICO

Se presentan los análisis detallados de la evaluación económica a las diferentes alternativas para abordar y dar solución a la problemática planteada. Adicional, se realiza el análisis y cuantificación de los costos de operación y beneficios económicos esperados.

1.5.3.1 Determinar el monto de inversión total requerida y el tiempo en que será realizada.

1.5.3.2 Analizar costos y gastos requeridos en el proyecto.

1.5.4 ETAPA 4. VALIDACIÓN

1.5.4.1 Validación y análisis de los resultados técnico-económico.

1.5.4.2 Selección de alternativa óptima para brindar solución a la problemática actual.

1.5.4.3 Propuesta de plan de implementación de un tratamiento de agua residuales domésticas.

1.5.5 ETAPA 5. CIERRE DEL PROYECTO

Identificación de la tecnología más apropiada para el tratamiento de aguas residuales domésticas enfocado a la problemática de la empresa COTECMAR sede Mamonal de Cartagena de Indias. Complementario a esto, se detallarán las Fases y actividades requeridas para el desarrollo del Plan de Implementación.

1.6 COMENTARIOS FINALES

En este ítem se presentaron los antecedentes y la identificación del problema, realizando una introducción de la temática y de cada uno de los estudios que se van a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto. Este proyecto se justifica en el análisis de la nueva tecnología que se va utilizar, basándose en la importancia de afectación de aguas residuales para el ser humano y el medio ambiente, lo que conlleva a dar cumplimiento a los objetivos propuestos. Como principal objetivo es determinar la factibilidad de la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, enfatizándolo en el cumplimiento de la normatividad legal vigente.

En el próximo capítulo se ilustra el marco de referencia, el cual se desglosa en dos el marco conceptual que tiene como objetivo la identificación y definición de los conceptos más relevantes en seguimiento y desarrollo del proyecto. El marco teórico que define el estudio técnico-económico y en que consiste el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA

El capítulo presente se basa en la presentación de conceptos, teorías, herramientas y definiciones generales que se relacionan con desarrollo del tema a tratar. Donde se explica la visión al alcance del proyecto y las ideas propuestas en relación con la problemática identificada y cada uno de los métodos de comprobación de la misma.

El objetivo principal de este capítulo es presentar el marco referencial del proyecto realizado con el fin de unificar criterio en el estudio técnico-económico y definición del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

El Marco conceptual nos ofrece una herramienta de estandarización de los conceptos que serán tratados o desarrollados durante el transcurso de la investigación.

2.1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) son unidades de transformación de los efluentes industriales y domésticos en donde se remueven al máximo los contaminantes previos a la disposición de estos en un cuerpo de agua receptor. Se hace uso de ellas con el fin de minimizar al máximo, posibles riesgos a la salud humana o daños al medio ambiente; en varias empresas sirven como unidad de control de calidad del proceso productivo, donde por medio del análisis del agua residual (cantidad, calidad), se puede estimar la eficiencia de la fábrica, y en particular las pérdidas de materia prima y el gasto de insumos (ACODAL, 2000).

2.1.2 PARÁMETRO FÍSICO-QUÍMICO

Tal como su nombre lo indica, son parámetros que a través de su medición dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, por esta razón es importante cuantificar

ambos métodos al momento de realizar mediciones en la calidad de un cuerpo de agua (Samboni Ruiz, 2007). A continuación, algunos de los parámetros que son medidos en las aguas residuales:

2.1.2.1 **Oxígeno Disuelto:** La producción de oxígeno en un cuerpo de agua está relacionada con la fotosíntesis e aireación, mientras el consumo de él dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto (OD) dependerá del balance entre todos estos fenómenos. Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O_2 caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos, llevando a la desaparición de especies en el agua (Grupo de Investigación en Ecología Básica y Aplicada, 2007).

2.1.2.2 **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO):** Cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobios o anaerobias facultativas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg/L. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes; cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (Andreo, 2011).

- 2.1.2.3 **Potencial de Hidrógeno (pH):** Es una medida de acidez o basicidad (alcalinidad) en una solución. Se define como el antilogaritmo de la concentración del ion hidronio. En cuerpos de agua, es muy importante su medición debido a que refleja la calidad de este. Su valor óptimo, es de 7.0 unidades de pH; valores por debajo indican acidez y por encima indican alcalinidad. Cabe resaltar que la degradación de materia orgánica produce metano y ácido carbónico (CO_2), lo cual acidifica el agua (Zapata Hernandez, s.f.)
- 2.1.2.4 **Sólidos suspendidos:** Corresponde a la cantidad de material (sólidos) presente en un líquido. Para el caso del agua, es de suma importancia su medición debido a que su presencia disminuye el paso de luz a través del agua evitando actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno (CORPONARIÑO, 2002). El contenido de sólidos de un agua afecta directamente la cantidad de lodos que se produce en el sistema, por tal razón deben ser tenidos en cuenta para realizar el diseño de los reactores (UNAL, 2002).

2.1.3 PRETRATAMIENTO

Se define como el proceso de eliminación de sus constituyentes, cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares (Metcalf & Eddy, 1995).

2.1.4 TRATAMIENTO PRIMARIO

En una PTAR, el tratamiento primario consiste en la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga bien en los receptores o para pasar a un tratamiento secundario a través de una neutralización u homogeneización (Ramalho, 1990). Este tipo de tratamiento, como su nombre lo sugiere es el primer filtro por el que pasa el agua residual, ya que es importante remover los sólidos de mayor tamaño para así garantizar un correcto funcionamiento

de los posteriores métodos de remoción; entre las operaciones unitarias más habituales se resaltan las siguientes:

2.1.5 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Hace referencia a todo el tratamiento biológico tanto como aerobio como anaerobio que se le proporciona al agua residual por parte de microorganismos (en donde se destacan las bacterias) en el que se aprovecha su actividad metabólica para eliminar materia biodegradable. Es uno de los tratamientos más habituales, ya que en la mayor parte de los casos el agua residual presenta materia orgánica, la cual actúa como fuente de carbón y energía necesaria para el crecimiento de microorganismos (Letón Garcia et al, 2006).

Para la elección del sistema óptimo que deberá ser implementado, es de suma importancia tener en cuenta que para el metabolismo bacteriano debe haber un elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de materia orgánica; según este, se distingue tres sistemas de tratamiento:

2.1.5.1 Sistema aerobio

Está condicionado a la solubilidad de oxígeno en el agua, en donde este último actúa como elemento aceptor de electrones y el rendimiento energético es bastante elevado debido al alto crecimiento de bacterias aerobias, incurriendo así en una generación de lodos significativa (Metcalf & Eddy, 1995).

2.1.5.2 Sistema anaerobio

En este caso, el aceptor de electrones puede ser el dióxido de carbono o la materia orgánica, en donde su producto, es el carbono en su estado más reducido CH_4 . La utilización de este sistema tiene como ventaja frente a los otros la obtención de un gas combustible, una menor producción de lodos y adaptación a variaciones en carga (Letón García et al, 2006).

2.2 ESTADO DEL ARTE: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

(Huerga Pérez, 2005) señala que “La creciente concienciación social en materia medioambiental conlleva un aumento gradual de la presión sobre los límites de vertido y consumo de agua, hizo un estudio que contempla el desarrollo de alternativas de tratamiento mediante tecnologías limpias en tres casos, referentes al sector textil, formulación de tensioactivos y tratamiento de superficies metálicas, en el primer caso aborda el estudio in situ de diversas secuencias de tratamiento para un efluente homogeneizado procedente de una industria de estampación y tintura, para lograr conseguir el reciclaje parcial del efluente y un efluente apto para el vertido. La secuencia ha de proporcionar una calidad al efluente adecuada para alimentar un proceso de ósmosis inversa. Se combinan tecnologías de tratamiento biológicas (filtro percolador y fangos activos), físico-químicas (coagulación-floculación y electrocoagulación) y físicas (adsorción sobre carbón activo y micro-filtración). La secuencia óptima atendiendo a criterios de rendimiento de depuración (98 % en DQO) y coste de explotación (0,74 /m³ y 0,16 /Kg DQO) es: filtro percolador, fangos activos, coagulación-floculación. De esta forma se consigue la mínima producción de lodos (1,87 Kg de lodos húmedos/L), la mínima adición de reactivos y el mejor rendimiento de depuración en términos de materia orgánica”.

(Ortiz Hernández, Gutiérrez Ruiz, & Sánchez Salinas, 1995) señala que “las aguas industriales y domésticas de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, Morelos, México son tratadas en una planta de lodos activados y una vez depuradas, se utilizan para el riego agrícola. Los lodos producidos diariamente, que se calculan en

aproximadamente 20 toneladas, durante 15 años se dispusieron en los alrededores de la planta y actualmente se envían a un relleno sanitario ubicado en el occidente del estado de Morelos, que no cumple con los requisitos de la legislación mexicana. Este estudio se realizó para caracterizar los lodos y proponer su uso como mejorador de suelos, utilizando las siguientes técnicas de análisis: fluorescencia de rayos X, microscopía electrónica y espectroscopías de emisión, absorción atómica y UV visible. También se llevaron a cabo análisis microbiológicos. Los lodos son ricos en materia orgánica (MO), macro y micro nutrientes y únicamente del 1 al 10% de la concentración total de elementos tóxicos se encuentran en formas solubles. Los resultados microbiológicos muestran la presencia de *Salmonella s.p.* y coliformes totales. Por su composición, los lodos se consideran adecuados para mejorar la calidad de los suelos y se plantea una ecuación para calcular las dosis de aplicación máximas y evitar la acumulación de metales potencialmente tóxicos.”

(Pacheco Vega, 2007) señala que “El desarrollo sostenible de una nación no reconoce divisiones entre la importancia de los factores económicos, ecológicos, sociales, políticos y culturales; sin embargo, una revisión analítica de política hidráulica y ambiental en México hace patente la existencia de un abismo. Existen divergencias entre dos políticas sectoriales que debieran ser, por definición, convergentes. Para demostrar dicho abismo, en este artículo se examina la política hidráulica en materia de aguas residuales desde la teoría neoinstitucional, considerando la cuenca Lerma-Chapala como caso de estudio. Aquí se argumenta que es posible fortalecer la política hidráulica en materia de tratamiento de aguas residuales mediante el diseño de instituciones cooperativas robustas para la gestión integrada de la cuenca Lerma-Chapala. Esto contribuirá (aunque no garantizará) a la construcción de puentes entre dos políticas tradicionalmente desintegradas”.

(Morales Posada, Niño, & Eunice, 2010) señalan que en una segunda fase del proyecto “Implementación y evaluación de un sistema piloto de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales con fines de reuso y mediante estudio de caso: aguas residuales industriales de origen galvánico”. Para su desarrollo, se valoró y optimizó un

prototipo existente en la Universidad, a partir de ensayos realizados en aguas residuales con contenido de metales, implementando un porcentaje mayor al 47% para la remoción de metales pesados como Cr^{+6} , Pb y Zn de tales aguas, mediante proceso de electrocoagulación.

2.3 MARCO TEORICO

En esta fase, se soportará el concepto teórico y será la fundamentación del proyecto en acusado al planteamiento del problema.

2.3.1 BASE CONCEPTUAL DEL AGUA RESIDUAL

2.3.1.1 Definición Agua Residual

Se define Agua Residual o Agua Servida como "una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones junto a cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente". Las cuales son transportadas mediante sistemas de alcantarillado hacia un sitio de descarga final que generalmente son las fuentes superficiales de agua.

Los términos de agua residual se utilizan para referirse al agua que presenta una composición variada de líquidos y residuos sólidos que provienen del sistema de abastecimiento de una población y que ha sido modificada debido a diversos usos en actividades como: domésticas, industriales, comerciales, de servicio, agrícola, pecuarios entre otros. Debido a la naturaleza de las aguas residuales al momento de su descarga, no pueden ser utilizadas en los procesos que las genero, y al ser vertidas varios cuerpos receptores sin un tratamiento previo pueden llegar a implicar una alteración de los ecosistemas terrestres y acuáticos o incluso afectar a la salud humana (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3.1.2 Tipos de Agua Residual

Las aguas residuales pueden provenir de diferentes lugares, es así que dependiendo de su origen pueden ser clasificados como: Aguas Residuales Domésticas, Aguas Residuales Industriales y Aguas Residuales Municipales.

2.3.1.2.1 Aguas Residuales Domésticas

Son las aguas provenientes de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales. Las cuales han sido utilizadas para diferentes actividades de tipo doméstico y finalmente son descargadas al sistema de alcantarillado.

Las aguas residuales domésticas están conformadas por una gran variedad de elementos y compuestos químicos orgánicos e inorgánicos.

A continuación, se señalan en la Tabla 2.2.1 y en la Tabla 2.2.2, la composición típica y media respectivamente.

Tabla 2.3.1: Composición Típica del Agua Residual Doméstica

Componente	Concentración (mg/L)	Componente	Concentración (mg/L)
Carbonato	2,4	Bicarbonato	45,0
Cloruro	3,5	Sulfato	5,8
Nitrato	1,1	Fosfato	0,0
Sodio	0,5	Potasio	0,8
Calcio	10,4	Magnesio	9,8
Sílice	5,8	Fluoruro	0,8
Manganeso	0,0	Hierro	0,0
Aluminio	0,1	Boro	0,1
Sólidos disueltos totales	63,8	Alcalinidad total	39,0

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 2.3.2: Composición Media Líquido Cloacal Doméstico

Sólidos	Total	Mineral	Orgánico	DBO5 a 20°C
Totales	250	105	145	54
Disueltos	160	80	80	12
Suspendidos	90	25	65	42
Sedimentables	54	15	39	19
No sedimentables	36	10	26	23

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

2.3.1.3 Composición de las Aguas Residuales

Las aguas residuales están compuestas por cuatro fuentes: las aguas provenientes de las actividades cotidianas del hombre, las utilizadas con fines higiénicos (sanitario, cocina, lavandería, etc.); por las aguas que resultan de las actividades industriales, por las aguas de usos agrícolas y por las aguas pluviales. Aunque la mayor parte de las aguas servidas (cerca del 80%) provienen del uso doméstico e industrial, las de usos agrícolas y pluviales urbanas están adquiriendo cada día mayor importancia, debido a que los escurrimientos de fertilizantes y pesticidas representan los principales causantes del envejecimiento de lagos y pantanos, proceso llamado eutrofización.

Los contaminantes de las aguas residuales se clasifican en contaminantes físicos, químicos y biológicos. Los cuales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas servidas. Es por esto que las aguas residuales dependiendo de la cantidad de estos componentes se clasifican en: fuerte, media y débil. Debido a que la concentración como la composición del agua residual va variando con el transcurso de tiempo. Con los datos mostrados en la Tabla 2.2.3 sólo se pretende dar una orientación general para la clasificación de estas aguas.

Tabla 2.3.3: Concentración (mg/L) de los Contaminantes del Agua Residual

Constituyente	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, en total	1200	700	350
Disueltos, en total	850	500	250
Suspendidos, en total	350	250	100
DBO	300	200	100
Nitrógeno	85	40	20
Amoniaco Libre	50	25	12
Fósforo	20	10	6
Alcalinidad	200	100	50
Grasa	150	100	50

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

2.3.1.4 Características de las aguas residuales

La generación de las aguas residuales es un producto inevitable de toda actividad humana. Para lograr un tratamiento y disposición final apropiado de las mismas, es indispensable conocer sus características físicas, químicas y microbiológicas. El conocimiento de la naturaleza de las aguas residuales es fundamental para la gestión de la calidad del ambiente y para el establecimiento de normativas o leyes que regulen las concentraciones de los contaminantes presentes en ellos, así como la planificación de proyectos y explotación de las infraestructuras tanto de acopio como de tratamiento y evacuación de las mismas (Letón Garcia et al, 2006).

Con el propósito de comprender la importancia que tiene la composición de las aguas servidas para el tratamiento de las mismas, se deben de tener en cuenta una serie de conceptos básicos, relacionados con los análisis de laboratorio para líquidos cloacales, los cuales incluyen parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos. Cabe destacar que muchos de estos parámetros están relacionados entre ellos. Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en ella, los cuales están clasificados como características químicas.

A continuación, se presenta los principales parámetros de calidad que deben ser tenidos en cuenta en el tratamiento de las aguas residuales.

2.3.1.4.1 Características Físicas:

- Temperatura:

La temperatura del agua residual generalmente es más alta que la del agua de suministro. Las temperaturas registradas en las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, con valores aproximados entre 10 y 21 °C, tomando 15,6 °C como valor representativo.

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre 25 °C y 5 °C. Los procesos de digestión anaerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50°C. A temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando temperatura alcanza valores cercanos a los 5 °C.

- Sólidos Totales

El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. Los sólidos domésticos incluyen los procedentes de inodoros, fregaderos, baños, lavaderos, trituradores de basura y ablandadores de agua. Los Sólidos Totales, son los materiales suspendidos y disueltos en el agua. Se obtienen evaporando el agua a 105 °C y pesando el residuo. Además, este residuo puede ser dividido en sólidos volátiles en orgánicos y sólidos fijos o inorgánicos.

- Densidad

La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m³. Es una característica física importante del agua residual a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento.

- Olor

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerante que el agua residual séptica. El olor característico del agua residual séptica es debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

- Color

El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, materia coloidal y sustancias en solución. El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.

En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es café claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteria bajo condiciones anaerobias.

- Turbiedad

Nos permite tener una idea de la cantidad de materiales extraños en suspensión que pueden estar presentes en las aguas residuales, en especial: arcillas, limo, materia orgánica finalmente dividida, plancton u organismos microscópicos. Se utiliza, mayormente, para apreciar la calidad de los efluentes de las plantas de tratamientos.

2.3.1.4.2 Características Químicas

En las aguas residuales son varios los componentes orgánicos e inorgánicos de importancia para la determinación y control de la calidad del agua.

Dentro de los parámetros químicos inorgánicos más importantes de las aguas residuales, se encuentran los siguientes:

- Nitrógeno

En el análisis de aguas residuales se pueden hacer cinco tipos de determinaciones de nitrógeno: el amoníaco libre, el amonio albuminoide, el nitrógeno orgánico, los nitritos y los nitratos. El amoníaco libre, los nitritos y los nitratos constituyen el nitrógeno total.

El nitrógeno orgánico y el amoníaco libre, considerados conjuntamente, son un índice de la materia nitrogenada orgánica contenida en las aguas residuales, y el amonio albuminoide puede tomarse como un índice del nitrógeno orgánico descomponible que existe. El amoníaco libre nitrógeno amoniacal, es el resultado de la descomposición bacteriana de la materia orgánica.

Las aguas residuales recientes y frías, son relativamente ricas en nitrógeno orgánico y pobres en amoníaco libre. Las aguas residuales alteradas y calientes son relativamente ricas en amoníaco libre y pobres en nitrógeno orgánico. La suma de ambos será constante en las mismas aguas residuales, a no ser que parte del amoníaco se haya desprendido a causa de una acción séptica. La concentración total de ambas formas de nitrógeno, es una indicación valiosa de la concentración o fuerza de las aguas residuales y tiene importancia al estudiar el tipo de tratamiento que deba adoptarse.

Los nitritos (RNO_2) y los nitratos (RNO_3) (R representa cualquier elemento químico como K, Na, etc.) Solo se encuentran en las aguas residuales, en concentraciones de menos de una parte por millón. Los nitritos no son estables y se reducen dando amoníaco, o se oxidan para formar nitratos. Su presencia indica que hay una

transformación en proceso. Su presencia en las aguas residuales brutas suele indicar que estas son recientes, o que se ha agregado agua de dilución hace tan poco tiempo que no ha habido tiempo para la reducción de los nitratos y nitritos.

Los nitratos constituyen la forma más estable del nitrógeno en las aguas residuales, y por lo tanto, su presencia puede ser indicio de estabilidad. Sin embargo, la presencia de nitratos en los líquidos finales de las instalaciones de tratamiento, puede ser inconveniente, por promover el desarrollo de algas y plantas microscópicas.

- Nitrógeno amoniacal

Esta forma de nitrógeno se genera principalmente en las aguas destinadas a consumo humano, en donde es indicio de contaminación fecal reciente, lo cual es una alerta sobre la peligrosidad del agua. La urea contenida en la orina del hombre y animales, se descompone aportando nitrógeno amoniacal, tal como lo indica la siguiente ecuación: $\text{CON}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3^-$ (Menéndez Gutiérrez, 2007).

- Nitrito

El nitrito es el radical univalente NO_2 , su importancia en la calidad de agua, radica en que este parámetro refleja contaminación de naturaleza orgánica (Chen, 1991). Es importante que se garantice la oxidación de este compuesto a nitratos, ya que Cuando el nitrito entra en el flujo sanguíneo, reacciona con la hemoglobina y forma un compuesto llamado metahemoglobina. Este compuesto reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. El nivel de oxígeno disminuye, y los bebés muestran síntomas de una enfermedad llamada metahemoglobinemia, también conocida como “la enfermedad de los bebés azules” (Lenntech, 2016). Para el caso de Colombia, este parámetro está regulado por la Resolución 2115 de 2007 para agua de consumo humano, el cual presenta como valor máximo permisible 0.1 mg/L. Cabe resaltar que no se encontró el mismo registro para aguas servidas.

- Nitrato

Son iones con carga negativa formados por tres átomos de oxígeno y uno de nitrógeno, presentes naturalmente disueltos en el agua como consecuencia del ciclo del N_2 . Recientemente, con el uso excesivo de abonos nitrogenados en la agricultura moderna, muchas zonas alrededor del mundo se han visto alteradas por este compuesto, ya que eventualmente los nitratos son transportados por el agua lluvia o de riegos hasta cuerpos de agua, en donde generan la problemática de nitrificación (Palomares, 2013).

- Fósforo

El fósforo también es importante durante el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales, se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos del fósforo provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural.

Las aguas residuales municipales, pueden contener entre 4 y 12 miligramos/litros de fósforo expresado como P. Las formas más frecuentes en que se puede encontrar el fósforo en soluciones acuosas incluyen ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico.

- Cloruros

Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Las heces humanas, por ejemplo, suponen unos 6 gramos de cloruros personas /día. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua también son una fuente importante de aportación de cloruros.

El análisis de los compuestos orgánicos se hace para caracterizar aguas residuales tratadas y no tratadas, para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y

estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras. A continuación se describen los parámetros orgánicos más estudiados:

- Grasas y Aceites

El término grasa engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. Debido a sus propiedades, la presencia de grasas y aceites en aguas residuales puede causar muchos problemas en tanque sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento de agua residual. La mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellos se incorpora al lodo por los sólidos sedimentables. Los aceites minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, los aceites y los jabones. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento.

- Agentes Tenso Activos

Son moléculas orgánicas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, se acumulan en la interface aire — agua y son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos de agua receptores de los vertidos del agua residual.

Su presencia en las aguas residuales proviene de la descarga de detergentes domésticos, lavanderías industriales y otras operaciones de limpieza. Durante el proceso de aireación del agua residual, los tensos activos se acumulan en la superficie de las burbujas de aire creando una espuma muy estable.

- Compuestos Orgánicos Volátiles

Normalmente son considerados compuestos orgánicos volátiles aquellos compuestos orgánicos que tienen su punto de ebullición por debajo de los 100 °C, y una presión de vapor mayor que 1 mm Hg a 25°C.

Estos elementos pueden ser considerados de gran importancia debido a que estos son mucho más móviles una vez que se encuentran en estado gaseoso y pueden ser liberados con mayor facilidad al ambiente, causando riesgos para la salud pública, además de conducir a la formación de oxidantes fotoquímicos.

- Pesticidas y Productos Químicos de Uso Agrícola

Muchos de estos compuestos químicos están catalogados como prioritarios. No son constituyentes comunes de las aguas residuales, sino que suelen encontrarse a nivel de trazas, tales como pesticidas, herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola y suelen incorporarse fundamentalmente como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas. Estos compuestos son altamente tóxicos para la mayor parte de las formas de vida y pueden dar como resultado la muerte de peces, contaminación de la carne del pescado y el empeoramiento de la calidad del agua suministrada.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO se utiliza para determinar el contenido de materia orgánica químicamente oxidable, presente en el agua residual. La determinación se lleva a cabo utilizando un oxidante fuerte (dicromato de potasio) en medio ácido y a temperatura elevada. La DQO de un agua residual es por lo general mayor que su DBO, ya que es mayor el número de compuestos que pueden ser oxidados por vía química, que aquellos que pueden serlo biológicamente.

Este ensayo suele ser empleado para responder a las objeciones hechas a la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno en lo referente al tiempo necesario y a la demanda de oxígeno disuelto en su fase inicial. Ello puede resultar de gran utilidad, dado que es posible determinar la DQO en un tiempo de 3 horas, frente a los 5 días necesarios para determinar la DBO.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO es la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (Oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio, la demanda bioquímica de oxígeno representa indirectamente una medida de la concentración de la materia orgánica biodegradable contenida en el agua.

- Proteína

Las proteínas son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos significativa en el caso de organismos vegetales. Están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando estos están crudos y son los primeras responsables, junto con la urea, de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales.

- Hidratos de Carbonos

Los hidratos de carbono incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en el agua residual.

- Gas Metano

El principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual es el gas metano. Este gas se encuentra en pequeñas proporciones en el agua residual, ya que la presencia de oxígeno, incluso en pequeñas proporciones tiende a ser tóxico para los organismos responsables de la producción de metano. No obstante, se produce metano durante el proceso de descomposición anaerobia en depósitos acumulados en el fondo de los depósitos de agua.

- Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios así como para otras formas de vida, sin embargo, éste es sólo ligeramente soluble en agua. El oxígeno disuelto en líquidos cloacales, puede indicar el grado de frescura o ranciedad de ésta agua, como también la necesidad de preverles o no facilidades para un adecuado control de sus olores.

La determinación del oxígeno disuelto en las aguas residuales es una de las pruebas químicas más significativas, especialmente cuando se combina con la prueba de DBO y de estabilidad relativa, pues mientras haya oxígeno disuelto en el agua, no tendrá lugar la putrefacción.

- Sulfuro de Hidrógeno (gas)

Se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. El ennegrecimiento del agua residual y del fango se debe, generalmente, a la formación de sulfuro de hidrógeno que se combina con el hierro presente para formar sulfuro ferroso (FeS) u otros sulfuros metálicos.

2.3.1.4.3 Características Biológicas

En las aguas residuales viven organismos de diversos tamaños. Estas pueden identificarse con la ayuda del microscopio, complementado con la observación de sus reacciones con respecto al medio.

- Microorganismos

Los principales grupos de microorganismos presentes en las aguas superficiales y las aguas residuales están conformados por eucariotas, eubacterias y arqueobacterias. Una característica importante de los microorganismos es su habilidad para transformarse en

formas resistentes, que la hacen en extremo resistente a la desinfección por calor o por agentes químicos.

- Bacterias

El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamientos, es amplio y de gran importancia. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismo y proceso de síntesis. Los coliformes también se emplean como indicadores de la contaminación por desechos humanos.

- Hongos

Mucho de los hongos son saprófitos, basan su alimentación en materia orgánica muerta. Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica, el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo, y la materia orgánica empezaría a acumularse.

- Algas

Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Puesto que el efluente de las plantas de tratamiento del agua residual suele ser rico en nutrientes biológicos, la descarga del efluente en los lagos provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización.

Uno de los problemas más importantes a que se enfrenta la ingeniería sanitaria en el campo de la gestión de la calidad del agua es de encontrar el proceso de tratamiento que hay que aplicar a las aguas residuales de diferentes orígenes de modo que los efluentes no favorezcan el crecimiento de algas y demás plantas acuáticas.

- Protozoo

Los protozoos de importancia para el ingeniero sanitario son las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos. Tienen una importancia capital, tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de cuerpos de aguas ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos.

- Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos. Algunos de estos organismos resisten condiciones ambientales desfavorables y pueden sobrevivir a los tratamientos convencionales de desinfección de las aguas residuales.

2.3.1.4.4 Relación entre la DBO y la DQO.

Es posible establecer la relación entre la DBO y la DQO, con valores mayores a la unidad, indicativa de que una porción de las sustancias orgánicas oxidables por el dicromato no es biodegradables o relativamente resistentes a la degradación biológica. Esta relación puede ser utilizada para cálculos rápidos de la DBO, cuando se mantiene más o menos constante dentro de ciertos límites.

2.3.1.4.5 Caudal de las aguas residuales

Para establecer los tipos de operaciones y procesos a utilizar en el tratamiento de las aguas residuales, es preciso conocer los caudales y la composición de las aguas a tratar, así como analizar las condiciones y necesidades de la población a servir. El conocimiento de todos estos caudales permite dimensionar correctamente las diversas

instalaciones del proceso y las interconexiones entre ellos. Los caudales de las aguas residuales se establecen considerando la procedencia, las tasas correspondientes de utilización de agua y el tipo y estado de las alcantarillas.

Es común calcular la capacidad de una planta de tratamiento de aguas residuales para el caudal medio diario de la localidad donde se piensa edificar, sin embargo, se deben realizar análisis con otros datos de caudales que proporcionarán parámetros importantes los cuales permitirán realizar los cálculos adecuados para las diversas instalaciones del proceso y las interconexiones entre ellas, evitando así el sobredimensionamiento en las mismas. Dichos parámetros son:

- Caudal medio diario: Es el caudal medido en 24 horas obtenido a partir de los datos de todo el año.
- Caudal máximo diario: Es el máximo caudal obtenido a partir de los datos anuales de explotación.
- Caudal punta horario: Es el caudal que se da en un periodo de 24 horas, obtenido a partir de los datos anuales de explotación.
- Caudal mínimo horario: Es el caudal permanentemente mínimo que se presenta en un periodo de 24 horas, obtenido a partir de los datos anuales.
- Caudal mínimo diario: Es el caudal mínimo registrado en 24 horas a partir de los datos de explotación.

2.3.1.5 Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas

Las plantas de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, tanto Aeróbicas como anaeróbicas, son un conjunto de estructuras o sistemas compuestos por varias operaciones y procesos unitarios, diseñadas y equipadas convenientemente para lograr que las aguas servidas provenientes de: casas, edificios, locales comerciales, centros recreacionales, parques y centros hospitalarios, que entran al sistema a través de la red cloacal, sean depuradas hasta alcanzar un grado de Limpieza que permita su

evacuación o reutilización sin riesgos para la salud humana y el medio ambiente, cumpliendo así con la Normativa legal vigente.

Los métodos de tratamiento en los que predomina la aplicación de fuerzas físicas son conocidos como operaciones unitarias. Aquellos en los que la eliminación de contaminantes se consigue mediante reacciones químicas o biológicas se conocen como procesos unitarios.

La depuración de las aguas residuales se lleva a cabo a través de varios métodos, entre de los cuales está el tratamiento aerobio, el anaerobio o una combinación de ambos, y estos a su vez se ejecutan mediante la aplicación de las operaciones y procesos unitarios, los cuales se agrupan para formar lo que se conoce como: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado.

Cabe destacar que la clasificación de una planta de tratamiento tipo aeróbica o una planta de tratamiento tipo anaeróbica, va a quedar determinada básicamente por el proceso o método de tratamiento biológico que se emplee para depurar las aguas residuales en estas.

2.3.1.6 Tratamiento de las aguas residuales

En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas de depuración que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos; los cuales están enmarcados dentro del pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario.

2.3.1.6.1 Tratamiento Preliminar

Antes de su tratamiento, propiamente dicho, las aguas brutas se someten, generalmente, a un pretratamiento que comprende un cierto número de operaciones, físicas o mecánicas. Tiene por objeto separar del agua la mayor cantidad posible de las

materias que, por su naturaleza o tamaño puedan obstruir las bombas y canalizaciones, o bien interferir en el desarrollo de los procesos posteriores.

Se debe tener en cuenta que una planta de tratamiento puede incluir una o varias operaciones de pretratamiento, esto va a depender de la importancia y la calidad del agua residual. Las operaciones de pretratamiento son las siguientes:

- Desbaste

El desbaste se lleva a cabo mediante rejas formadas por barras verticales o inclinadas, que interceptan el flujo de la corriente de agua residual en un canal de entrada a la estación depuradora. Su misión es retener y separar los sólidos más voluminosos, a fin de evitar las obstrucciones en los equipos mecánicos de la planta y facilitar la eficacia de los tratamientos posteriores. Estas rejas pueden ser de dos tipos: entre 50 y 150 mm de separación de los barrotes (desbaste grueso) y entre 10 y 20 mm (desbaste fino). Estas rejas disponen de un sistema de limpieza que separa las materias retenidas.

- Dilaceración

Tiene por objeto «desintegrar» las materias sólidas arrastradas por el agua. Estas materias en lugar de separarse del efluente bruto, se trituran y continúan en el circuito del agua hacia las siguientes fases del tratamiento. El interés de este proceso consiste en que se suprime la evacuación y la descarga de los residuos de la reja. Sin embargo, en la práctica, presenta varios inconvenientes, en especial, la necesidad de una atención frecuente sobre un material bastante delicado, el peligro de obstrucciones de tuberías y bombas provocadas por la acumulación en masas de las fibras textiles o vegetales unidas a las grasas, y la formación de una costra de fango en los digestores anaerobios.

- Desarenado

Las instalaciones de desarenado se sitúan en las plantas de tratamiento después del desbaste y tienen como objetivo el extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales de tamaño superior de 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes.

El funcionamiento técnico del desarenado reside en hacer circular el agua en una cámara de forma que la velocidad quede controlada para permitir el depósito de arena en el fondo. Normalmente, esta arena sedimentada queda desprovista casi en su totalidad de materia orgánica y es evacuada, mediante bombas, al clasificador de arenas y, posteriormente, a un contenedor.

- Pre-decantación

Tiene por objeto eliminar la totalidad de la arena fina y la mayor cantidad posible de barro. El umbral de concentración de materias en suspensión en el agua bruta, a partir del cual se hace necesaria la pre decantación, es función del tipo de decantador-clarificador principal. Este umbral puede ser de 2 g/L aproximadamente, a la entrada de decantadores-clarificadores sin rasquetas, y de 5 a 10 g/L a la entrada de aparatos provistos de rasquetas.

Según la carga de materias en suspensión y su naturaleza, un predecantador debe dimensionarse como un decantador (generalmente es el caso de aguas brutas cuya carga no excede de 20 a 30 g/l) o como un es pesador (cuando la carga del agua bruta es superior a dicho límite).

- Desengrasado

La fase de desengrasado tiene por objeto eliminar las grasas, aceites y en general los flotantes, antes de pasar el agua a las fases posteriores del tratamiento. El

procedimiento utilizado para esta operación es el de inyectar aire a fin de provocar la desemulsión de las grasas y su ascenso a la superficie, de donde se extraen por algún dispositivo de recogida superficial, normalmente rasquetas, para acabar en contenedores.

- Tamizado

El tamizado es una filtración sobre soporte delgado, que se utiliza en numerosos campos del tratamiento del agua. Según las dimensiones de los orificios de paso del soporte se distinguen dos variantes:

- ❖ El macrotamizado (sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,3 mm) se emplea para retener ciertas materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, insectos, ramas, algas, hierbas, etc..., de tamaño comprendido entre 0,2 mm y algunos milímetros.
- ❖ El microtamizado (sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras) se utiliza para retener materias en suspensión de muy pequeñas dimensiones, contenidas en las aguas de abastecimiento (plancton) o en aguas residuales pretratadas.

- Aliviadero y el Medidor de Caudal

El primero permite que la planta funcione siempre según el caudal del Proyecto y, conjuntamente con el medidor del caudal, permite controlar la Cantidad de agua que entra en la planta.

2.3.1.6.2 Tratamiento Primario

Se entiende por tratamiento primario a aquel proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento. El tratamiento primario permite eliminar en las aguas

residuales urbana aproximadamente el 80% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO_5 de alrededor del 35%. Entre los métodos más utilizados de tratamiento primario se cuentan:

- Decantación

El proceso principal del tratamiento primario es la decantación, fenómeno provocado por la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose. Normalmente, en decantadores denominados dinámicos, los fangos son arrastrados periódicamente hasta unas purgas mediante unos puentes móviles con unas rasquetas que recorren el fondo. En los denominados decantadores circulares, el agua entra por el centro y sale por la periferia, mientras que los fangos son arrastrados hacia un pozo de bombeo de donde son eliminados por purgas periódicas.

- Flotación con Aire

Son mecanismos en donde se eliminan sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua, así como aceites y grasas, produciendo unas burbujas de aire muy finas que arrastran las partículas a la superficie para su posterior eliminación.

2.3.1.6.3 Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario o biológico de las aguas residuales esta principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Su finalidad es la reducción de la materia orgánica presente en las aguas residuales, una vez superadas las fases de pre tratamiento y tratamiento primario.

El tratamiento secundario empleado para las aguas residuales urbanas puede realizarse mediante procesos biológicos aerobios, anaerobios o mediante sistemas de lagunaje, dentro de los que se encuentran, las lagunas aerobias, facultativas y anaerobias, lagunas de oxidación (oxigenación fotosintética y aireada) y de acabado.

- Procesos Biológicos Aerobios

La descomposición aeróbica es aplicada en las plantas de tratamientos para la estabilización de la materia orgánica mayormente disuelta y coloidal contenida en los líquidos residuales.

Esta descomposición requiere la presencia en el agua de oxígeno molecular, la actividad respiratoria de los organismos que viven en las aguas van utilizando el oxígeno disponible o suministrado y por ello es necesario Recurrir a su incorporación artificial para asegurar la aerobidad de este proceso. Por supuesto que los organismos responsables de estas transformaciones, a su vez, requieren un sustrato que le permitan cumplir su ciclo biológico normal. La materia orgánica biodegradable contenida en esos líquidos suministra generalmente, tal requerimiento. Más adelante, en este capítulo, se detallarán los procesos de: lodos activados, filtros percoladores y reactores de lecho compacto que son los tratamientos aerobios más usados para depurar las aguas residuales.

- ❖ Filtros Percoladores

Son tanques circulares rellenos de piedras o materiales sintéticos formando un filtro con un gran volumen de huecos, destinado a degradar biológicamente la materia orgánica del agua residual.

El agua a tratar se rocía sobre el lecho filtrante, mediante un brazo giratorio, provisto de surtidores, y da lugar a la formación de una película que recubre los materiales filtrantes y que está formada por bacterias, protozoos y hongos alimentados por la materia orgánica del agua residual. Al fluir el agua residual sobre la película, la materia

orgánica y el oxígeno disuelto son extraídos de ésta. El oxígeno disuelto en el líquido se aporta por la absorción del aire que se encuentra entre los huecos del lecho. El material del lecho debe tener una gran superficie específica y una elevada porosidad, y suelen emplearse piedras calizas, gravas, escorias o bien materiales plásticos artificiales de diversas formas. Este sistema de depuración se suele emplear en pequeñas poblaciones y tiene la ventaja con respecto a los fangos activos que no necesita aporte alguno de energía.

❖ Lodos Activados.

Este proceso es usado casi exclusivamente por las grandes ciudades, fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Andern y Lockett y fue llamado así por la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aeróbica. En la actualidad se usan muchas versiones del proceso original, pero todas ellas son fundamentalmente iguales.

En el proceso de fangos o lodos activados un residuo se estabiliza biológicamente en un reactor bajo condiciones aeróbicas. El ambiente aeróbico se logra mediante el uso de aireación por medio de difusores o sistemas mecánicos. Al contenido del reactor se le llama líquido mezcla. Una vez que el agua residual ha sido tratada en el reactor, la masa biológica resultante se separa del líquido en un tanque de sedimentación y parte de los sólidos sedimentados son retornados al reactor; la masa sobrante es eliminada o purgada puesto que si no fuera así la masa de microorganismos continuaría aumentando hasta que el sistema no pudiera dar cabida a más.

Imagen 2.3.1: Esquema de Tratamiento de Lodos Activados (SBR)



Fuente: (Tejedor & Velasco, 2009)

❖ Reactores de Lecho Compacto.

Es un tanque (reactor) en el que existe un medio al que se le adhieren los microorganismos. El agua residual se introduce al tanque por la parte inferior de este, mediante un sistema de distribución adecuado o mediante una cámara de alimentación. El aire u oxígeno puro necesario para el proceso se introduce conjuntamente con el agua residual a tratar.

❖ Digestión Aerobia.

La digestión aerobia es un método alternativo de tratar los lodos orgánicos producidos en el curso de las diversas operaciones de tratamiento. La digestión aeróbica es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el bióxido de carbono.

Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias.

- Procesos Biológicos Anaerobios.

El tratamiento anaeróbico se desarrolla en ausencia del oxígeno molecular, ya que el requerido para la respiración de los organismos anaeróbicos es extraído por ellos del oxígeno contenidos en los compuestos orgánicos y otros compuestos, Como los sulfatos y nitratos.

El proceso anaeróbico, según lo expuesto, debe ser aislado del medio ambiente natural para garantizar la exclusión del oxígeno molecular que, a través de la difusión molecular y otros fenómenos, se difunden en él. Por otra parte, los gases de la descomposición anaerobia son ofensivos al ambiente y deben ser, por ello, controlados mediante su recolección y posterior utilización como fuente de energía térmica.

Los malos olores se asocian frecuentemente con los procesos anaeróbicos debido a la producción además de dióxido de carbono y metano, de gases de hidrógeno de sulfuro, vapores de ácidos orgánicos y otros olores volátiles desagradables, lo cual puede ser una seria limitación, particularmente en áreas urbanas. Los procesos anaerobios más empleados para el tratamiento de aguas residuales municipales son: reactores de lecho compacto, reactores anaerobios de flujo ascendente (UASB).

❖ Sistema De Tratamiento Sobre La Base De Reactores Anaerobio UASB.

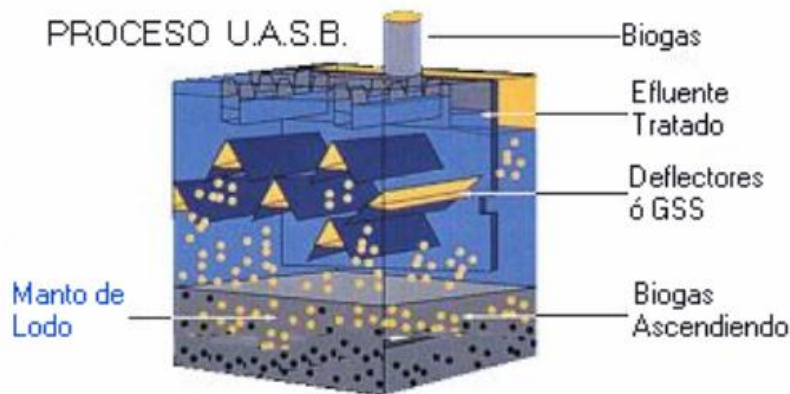
El sistema con Reactores UASB ha demostrado un gran potencial para el tratamiento de agua residual con contenido de materia orgánica soluble, de naturaleza compleja o no, en óptimas condiciones de temperatura. El reactor UASB fue desarrollado en la década del '70 por el Prof. Lettinga y su equipo de la Universidad Agrícola de Wageningen en Holanda. Varias unidades del sistema a escala real están ubicadas en diferentes países, operando en regiones tropicales y subtropicales, tal es el caso de Brasil y Colombia, sin embargo, pocos estudios se han realizado en regiones con clima templado (Vierira, Carvalho, & Barijan , 1994).

Los resultados obtenidos en los estudios realizados usando reactores UASB para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico, concluyen que dicho sistema es una alternativa factible para el Tratamiento de este tipo de efluente (Gnanadipathy & Polpraset, 1993); haciéndose mención a que el funcionamiento y estabilidad operativa del sistema durante el período de arranque depende principalmente de la clase de lodo cultivado en el reactor, ya que es deseable el desarrollo de una biomasa capaz de formar conglomerados de bacterianos a fin de lograr la formación de lodo granular con una alta capacidad de sedimentación; garantizándose de esta forma la permanencia de las bacterias degradadoras en el sistema, así como un mayor contacto entre Microorganismos y la materia orgánica.

❖ Digestión Anaerobia

Es uno de los procesos más antiguos empleados en la estabilización de fangos, y en él la materia orgánica contenida en la mezcla de fangos primarios y biológicos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaeróbicas, en metano, y dióxido de carbono. El proceso se lleva a cabo en un reactor cerrado completamente, los lodos son introducidos al reactor de manera continua o intermitente y permanecen retenido en periodos de tiempo variable, el lodo estabilizado extraído tiene un bajo contenido de materias orgánicas y patógenas y no es putrescible. Los dos tipos de digestores más utilizados son los de alta y baja carga, en el de baja carga no se suele calentar ni mezclar el contenido del digestor, mientras que en el proceso de alta carga si se calienta y mezcla completamente. La combinación de estos dos procesos de conocer como doble etapa. La función básica de la segunda etapa consiste en separar los sólidos digeridos del líquido sobrenadante, aunque puede ocurrir una digestión adicional y una cierta producción de gases. La imagen 2.2.3 muestra el proceso anaerobio del reactor UASB.

Imagen 2.3.2: Proceso Anaerobio de Manto de Lodos



Fuente: (Technische Universität Hamburg , s.f.)

- Sistema anóxico: Se denomina así a los sistemas que en la ausencia de oxígeno y presencia de NO_3^- , hacen de este último el aceptor de electrones, transformándose, entre otros en nitrógeno gaseoso (N_2), logrando así el proceso de desnitrificación (Letón Garcia et al, 2006). Sistemas como este se puede encontrar en los reactores discontinuos secuenciales, en donde se airea el afluente apenas entra al reactor, y en su paso a través de él, el oxígeno se agota y el nitrato empieza a ser consumido.

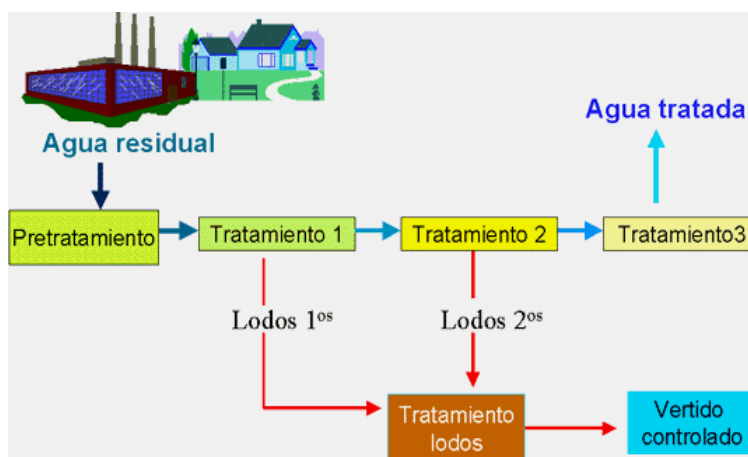
2.3.1.6.4 Tratamiento Terciario o Avanzado

Se utiliza cuando se quiere eliminar algún componente del agua residual que no se ha podido eliminar con el tratamiento secundario. Son procesos específicos que permiten obtener un agua residual sin nitrógeno, fósforo, materia en suspensión o decantada, materia orgánica no biodegradable, metales pesados o materia disuelta. Normalmente se realiza después de un tratamiento secundario de alta carga, pero también puede ser que se combine con un tratamiento primario o secundario o que se utilice en lugar de un tratamiento secundario, elimina la materia coloidal y en suspensión que inhibe la desinfección efectiva de los virus.

El tratamiento terciario o avanzado es de gran interés hoy en día por la necesidad de obtener mejor calidad en las aguas, por estos motivos se presentarán algunos procesos utilizados con éxito en la actualidad o que parecen más prometedores o innovadores.

La Imagen 2.3.3 representa un esquema de la secuencia completa de los tratamientos que se pueden aplicar a aguas residuales domésticas, y también a las aguas residuales industriales.

Imagen 2.3.3: Esquema del Tratamiento de las Aguas Residuales



Fuente: (ACODAL, 2000)

2.3.1.6.5 Desinfección

Tiene como propósito en el tratamiento de las aguas residuales reducir principalmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada, del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales.

Consiste normalmente en la inyección de una disolución de cloro al inicio del canal de cloración. La dosis de cloro depende entre otros factores del contenido microbiano y suele oscilar entre 5-10 mg/ l. El máximo tiempo de contacto del agua con el cloro suele

ser de 15 minutos, generalmente tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono y la luz ultra violeta (UV).

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común y económica de desinfección de las aguas residuales debido por al largo plazo de la eficacia que genera en estas aguas. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente.

2.3.1.6.6 Destilación

La destilación es una operación unitaria en la que los componentes de la solución líquida son separados mediante vaporización y condensación del líquido.

2.3.1.6.7 Fraccionamiento de Espumas

El fraccionamiento de espumas significa la separación de la materia coloidal y suspendida por flotación y de la materia orgánica disuelta por adsorción. Cuando se burbujea aire en el agua residual se produce espuma o bien ésta es inducida por productos químicos. Casi todos los compuestos orgánicos tienen actividad de superficie estos tienden a concentrarse en la interface gas-líquido y se eliminan junto con la espuma.

2.3.1.6.8 Congelación

La congelación es una operación de separación similar a la destilación. El agua es rociada en una cámara que funciona al vacío. Parte del agua residual se evapora y el efecto refrigerante produce cristales de hielo sin contaminantes en el líquido que queda. Seguidamente se extrae el hielo y se funde por calor de la condensación de los vapores de la fase de evaporización. En este procedimiento se ha utilizado Butano y otros refrigerantes.

2.3.1.6.9 Intercambio Iónico

Consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua a tratar por otros que forman parte de una fase sólida finamente dividida (cambiador), sin alterar su estructura física. Suelen utilizarse resinas y existen cambiadores de cationes y de aniones. Debido a su alto precio, el proceso de intercambio iónico se utiliza únicamente en aquellos casos en los que la eliminación del contaminante venga impuesta por su toxicidad o que se recupere un producto de alto valor (eliminación de isótopos radiactivos, descontaminación de aguas con mercurio, eliminación de cromatos y cianuros, recuperación de oro, etc.) Ya que la desmineralización se puede llevar a cabo mediante intercambio iónico, es posible emplear procesos de tratamientos de corriente continua, en los que parte del agua residual del efluente se desmineraliza y se combina después con parte del efluente que ha sido desviado del tratamiento para producir un efluente de calidad específica.

2.3.1.6.10 Tratamiento Electroquímico

En este proceso se mezcla el agua residual con agua de mar y se hace pasar célula simple que contiene electrodos de carbón. En razón de las densidades relativas del agua de mar y de la mezcla del agua de mar y residual, la primera se acumula en la superficie del ánodo en la parte inferior de la célula, la última lo hace en la superficie del cátodo cerca de la parte superior de la célula. La corriente eleva el pH en el cátodo, precipitando con ello Fósforo y Amoníaco. Las burbujas de hidrogeno generadas en el cátodo elevan el fango a la superficie, donde es arrastrado y eliminado por métodos convencionales. El cloro desarrollado en el ánodo de la celda desinfecta el efluente y la mezcla sobrante de agua residual-de mar es seguidamente vertida al mar.

2.3.2 ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico contempla los aspectos técnicos operativos necesarios en el uso eficiente de los recursos disponibles para la producción de un bien o servicio deseado y

en el cual se analizan la determinación del tamaño óptimo del lugar de producción, localización, instalaciones y organización requeridas.

La importancia de este estudio se deriva de la posibilidad de llevar a cabo una valorización técnica de las variables técnicas del proyecto, que permitan una apreciación exacta o aproximada de los recursos necesarios para el proyecto; además de proporcionar información de utilidad al estudio económico-financiero.

Todo estudio técnico tiene como principal objetivo el demostrar la viabilidad técnica del proyecto que justifique la alternativa técnica que mejor se adapte a los criterios de optimización.

En particular, los objetivos del estudio técnico para el presente proyecto son los siguientes:

- ❖ Determinar la localización más adecuada en base a factores que condicionen su mejor ubicación.
- ❖ Enunciar las características con que cuenta la zona de influencia donde se ubicará el proyecto.
- ❖ Definir el tamaño y capacidad del proyecto.
- ❖ Mostrar la distribución y diseño de las instalaciones.
- ❖ Especificar el presupuesto de inversión, dentro del cual queden comprendidos los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para su operación.
- ❖ Incluir un cronograma de inversión de las actividades que se contemplan en el proyecto hasta su puesta en marcha.

En resumen, se pretende resolver las preguntas referentes a donde, cuanto, cuando, como y con que producir lo que se desea, por lo que el aspecto técnico de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto.

2.3.3 ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO

El estudio económico financiero es el que figura de manera sistemática y ordenada la información de carácter monetario, en resultado a la investigación y análisis efectuado en la etapa anterior “Estudio Técnico”, que será de gran utilidad en la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto.

2.4 MARCO LEGAL

El marco legal se refiere a una serie de reglas y códigos de normatividad que en materia fiscal, sanitaria, civil y penal debe sujetarse todo proyecto de inversión y actividad empresarial por encontrarse incorporado a un determinado marco jurídico.

Por esa razón este aspecto en especial, es de vital importancia para la realización de un proyecto de inversión ya que en él se toma en cuenta el marco jurídico al que habrá que acatarse para el mejor aprovechamiento de los recursos de que se dispone, evitando en lo más posibles futuras complicaciones de ésta índole.

La estructura legal que se contempla en este proyecto, responde a disposiciones legales de tipo local, es decir, aquellas reglamentaciones y decretos jurídicos vigentes que establecen las autoridades correspondientes para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales que para este caso una de ellas sería CARDIQUE. Por lo cual es importante prever detalladamente cada requerimiento legal para un giro de esta naturaleza y evitar futuros problemas que impliquen alguna sanción o multa que afecte la operatividad normal sistema a implementar.

El análisis del impacto del proyecto se realizó con el fin de identificar si se pueden presentar deterioros al ambiente al momento de instalar la PTAR y analizar los posibles efectos que se pueden presentar en el entorno para afectar dicha instalación.

2.4.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANA RELACIONADAS CON EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

A continuación, se describen las normas y reglamentos técnicos vigentes y actuales, que regulan y controlan el vertimiento y tratamiento, de las aguas residuales domésticas que son generadas por empresas en Colombia.

Tabla 2.4.1: Normas Técnicas de Colombia

NORMA	OBJETIVO
La Norma NTC-ISO 5667-10 – Calidad Del Agua	<p>Esta norma contiene detalles sobre el diseño de programas y técnicas de muestreo para la recolección de muestras. Para las aguas residuales industriales y las aguas residuales domésticas tratadas y sin tratar.</p> <p>El objetivo de esta norma es determinar la concentración de contaminantes, la carga de contaminantes que transporta una corriente de aguas residuales; Proporcionar datos para la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales; Realizar ensayos para determinar si en una descarga determinada se mantienen los límites de concentración y Realizar ensayos para determinar si en una descarga determinada se mantienen los límites de carga. (ICONTEC, 1995)</p>
GTC 31 Gestión Ambiental Agua.	<p>Esta describe el método para detectar y determinar el efecto vivo en organismos, ante la presencia de sustancias tóxicas o mezcla de ellas, contenidas en las aguas naturales o residuales y permite obtener el límite o cantidad máxima que pueden soportar los organismos, conocida como concentración letal media.</p> <p>Aquí describen los métodos para saber el nivel de toxicidad</p>

	<p>hasta qué punto no va afectar a la flora y la fauna: evaluando la toxicidad de un vertimiento, determinando los niveles de toxicidad de lixiviados Implementando sistemas de alarma en vertimientos e identificando los procesos de bioacumulación o biomagnificación de sustancias tóxicas en organismos acuáticos (ICONTEC, 1996).</p>
Decreto 2811 De 1974	<p>En este decreto es dictado por el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. El ambiente es patrimonio Común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.</p> <p>Este Código tiene por objeto: lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional (Min Salud, 1974).</p>
LEY 9 DE 1979	<p>En esta ley para la protección del Medio Ambiente establece:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar u mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana b) Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.

	Para los efectos de aplicación de esta Ley se entenderán por condiciones sanitarias del ambiente las necesarias para asegurar el bienestar y la salud humana. Las normas de protección de la calidad de las aguas se aplicarán tanto a unas como a otras (Min. Salud, 1979).
--	--

2.4.2 NORMATIVIDAD VIGENTE

2.4.2.1 Definición del Decreto 1594 de 1984

Es una Norma reglamentaria del Código Nacional de los Recursos Naturales y de la ley 9 de 1979, la cual define las normas de vertimiento permisibles para la descarga de residuos líquidos a un cuerpo de agua o alcantarillado sanitario, permisos de vertimientos, tasas retributivas, métodos de análisis de laboratorio y estudios de impacto ambiental; Desarrollado los aspectos relacionados con el uso del agua y los residuos líquidos. En cuanto a aguas residuales.

Aunque esta norma ha presentado dificultades por su rigidez para alcanzar metas reales de descontaminación (metas de responsabilidad compartida de descontaminación, falta de control en parámetros inorgánicos y tóxicos, factores regionales incrementales), ha sido un instrumento normativo utilizado para consolidar procesos de producción limpia, cultura de tratamiento de efluentes residuales, cumplimiento sectorizados de límites permisibles, y alcance de metas parciales de descontaminación (Min. Salud, 1984).

2.4.2.2 Definición del Decreto 3930 del 2010

Esta norma se desglosa del decreto 1594 del 1984, teniendo como principal objetivo lo siguiente:

- ❖ La reglamentación de los usos y ordenamiento del recurso hídrico y de los vertimientos (a cuerpos de agua, al mar, al suelo -asociado a acuíferos- y al alcantarillado público).

- ❖ Aplicación a las Autoridades Ambientales Competentes (AAC), a los generadores de vertimientos y a las personas prestadoras del servicio público domiciliario de alcantarillado.
- ❖ Determina la destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas y marinas, de los usos del agua y de los criterios de calidad.
- ❖ Reglamenta los vertimientos líquidos estableciendo prohibiciones, actividades no permitidas, modos de actuación ante derrames, actividades de mantenimiento, y control de contaminación por aplicación de agroquímicos, entre otros.
- ❖ Determina la obligatoriedad de obtener Permiso de Vertimientos cuando estos se hacen a aguas superficiales, marinas o al suelo (Min. Ambiente, 2010).

2.4.2.3 Cumplimiento de la Normatividad Vigente

La normativa ambiental colombiana en el Decreto 3930 de 2010, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establece en su artículo 76 un régimen de transición en el cual se encuentran vigente algunos artículos del Decreto 1594 del 84, entre los cuales se encuentra el artículo 72, en el cual se establecen las siguientes normas de vertimientos:

Tabla 2.4.2: Especificaciones de Cumplimiento

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	<40°C	< 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción 80% en carga	Remoción 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción 50% en carga	Remoción 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:		

Para desechos domésticos	Remoción 30% en carga	Remoción 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción 20% en carga	Remoción 80% en carga

Fuente: (Min. Salud, 1984)

Toda descarga de aguas residuales domésticas o industriales que se realice previo tratamiento a un cuerpo de agua debe cumplir con estos porcentajes de remoción.

2.5 MARCO ESPACIAL

Cartagena de Indias es un distrito cultural y turístico localizado al noroeste de Colombia en el departamento de Bolívar. La ciudad fue fundada el 1 de junio de 1533 por Pedro de Heredia y, debido a la presencia del mar dentro de su área perimetral, prosperó al convertirse en un punto clave para la exportación de oro, esmeraldas y otras riquezas, lo que la convirtió en uno de los puertos más importantes de América Latina (Cartagena-Indias.com, s.f.). Según la proyección del (DANE, 2005), en la actualidad la ciudad cuenta con cerca de un millón de habitantes; su temperatura promedio a lo largo del año es de 31°C, humedad relativa promedio de 85% y presencia de sólo un pico de pluviosidad, el cual va desde el mes de septiembre hasta noviembre, siendo octubre el que registra mayor cantidad de lluvias (Cartagenadeindias.com, 2009).

Cartagena cuenta con una zona industrial denominada Mamonal, la cual se encuentra por fuera del casco urbano y se localiza al sur de la ciudad. Debido a la proximidad con el mar de toda la ciudad, el nivel freático presentado es bastante alto, razón por la cual se dificulta la elaboración de infraestructura subterránea desde sus inicios, la empresa prestadora de servicios de alcantarillado y acueducto optó por únicamente prestar el último servicio. COTECMAR sede Mamonal, se encuentra en el Km 9 vía Pasacaballos de esta zona industrial, contando con una bahía, lo cual sitúa a la empresa en una excelente localización para desarrollar actividades de mantenimiento, reparación y construcción de buques (COTECMAR, 2016).

2.6 COMENTARIOS FINALES

El marco referencial concluye la importancia de la implementación de Las plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas, ya que son un elemento esencial para la eliminación de desechos contaminantes producidos por el hombre y controlando los elementos patógenos, que son dañinos para la salud pública como lo fue generado en su momento cuando se presentó el escándalo citado anteriormente en los antecedentes del proyecto.

El estudio técnico- económico tiene como principal objetivo la toma de decisión de la viabilidad más acertada sobre la elección de los equipos avanzados, la localización y el cumplimiento de cada una de las normas legales vigentes para el montaje de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales.

Cuando se realice la planta de Tratamiento de Aguas Residuales en COTECMAR va hacer estudiada teniendo en cuenta todas las características, composición y contaminación que se pueden presentar a lo largo del proceso y del proyecto para evitar poner en riesgo la salud humana y el medio ambiente.

El siguiente capítulo va hacer referencia a toda la parte práctica y desarrollo del proyecto, donde se van implementar cada uno de los estudios propuestos y planteados anteriormente.

CAPITULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

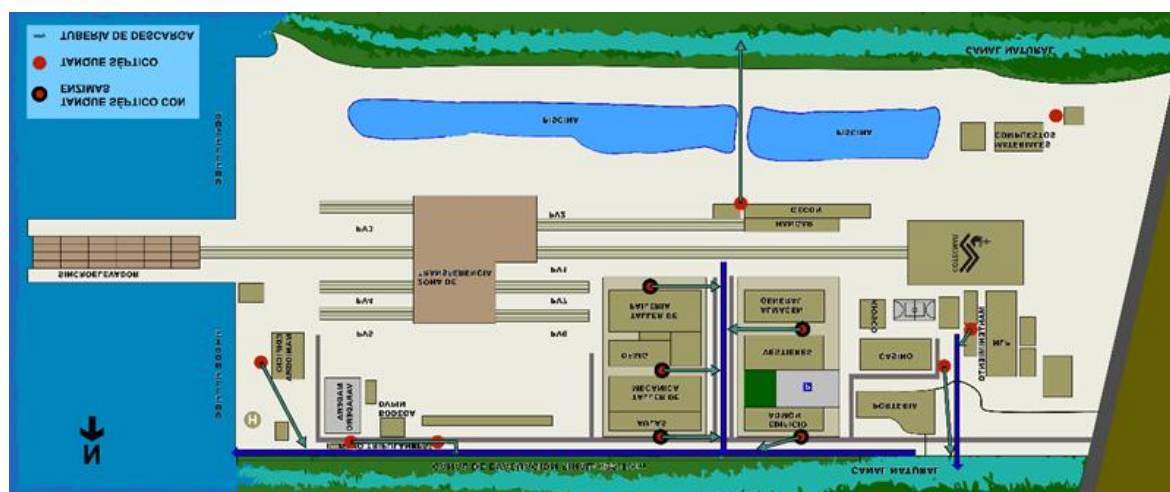
El desarrollo del proyecto del sistema de tratamiento de aguas residuales, hace referencia a varias etapas, tales como el desarrollo del proyecto que nos lleva a la situación actual de la empresa, mostrando cada una de las características, acreditaciones y certificaciones vigentes que tiene COTECMAR.

Seguidamente nos encontramos con el estudio técnico, donde se inicia con el análisis de las distintas muestras y pruebas de calidad implementadas a los distintos tanques sépticos de la empresa. Además, se definen los diferentes tipos de tecnología de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, el cual determinan las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, dándoles seguimiento a través de un sistema de monitoreo.

3.1 DEFINICION DE SITUACION ACTUAL

COTECMAR sede Mamonal es un astillero ubicado en la zona industrial de Cartagena, el cual carece del servicio de alcantarillado. Debido a esto, se construyeron una serie de 12 tanques sépticos alrededor de toda la planta que actúan como tratamiento primario de las aguas residuales, en donde se recolectan únicamente las aguas de los baños de la Corporación y posteriormente estas son depositadas en un canal que finalmente vierte a la bahía de Cartagena. Con el fin de dar mayor claridad a la situación actual, en la Imagen 3.1.1, se muestra un esquema de la Red hídrica de las Aguas Servidas de COTECMAR.

Imagen 3.1.1: Esquema Red Hídrica COTECMAR



Fuente: (COTECMAR, 2016)

Desde comienzos de la empresa en el año 2000, el vertimiento no había sido aprobado por la autoridad ambiental competente, CARDIQUE. En el año 2013, por parte de la Corporación se entregaron los documentos requeridos a la autoridad ambiental con el fin de adquirir un Permiso de Vertimientos y legalizar dicho vertimiento. Entre ellos, iban los monitores realizados para determinar la calidad del agua servida, los cuales eran realizados por laboratorios externos que contaban con la acreditación del IDEAM para realizar los procedimientos, lo que significaba una inversión significativa para la empresa; a raíz de esto, se adquirió un Kit marca HACH (Anexo 1) con el cual se determinaban parámetros como pH, Temperatura, Nitritos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, Amonio, etc. En el año 2016, en el mes de mayo finalmente se expidió la Resolución 0609 por parte de CARDIQUE, la cual otorgaba el Permiso de Vertimientos a COTECMAR. Debido a que el vertimiento realizado es directo al mar, la normativa colombiana que aplica es el Decreto 1594 de 1984, la cual exige la medición del DBO5, DQO, SST, pH, Temperatura y Aceites y grasas. Una vez la Corporación recibió el documento, los parámetros exigidos no podían ser medidos con el Kit HACH anteriormente mencionado, razón por la cual en junio de 2016 se tomó la decisión de migrar a un equipo multiparámetro que fuese de mayor utilidad.

Para la selección del equipo, el principal determinante era que midiese el mayor número de parámetros solicitados en el permiso de vertimientos. Una vez se obtuvieron varias propuestas, se descartaron los equipos que no cumplían lo requerido por la Corporación y finalmente quedaron dos: El multiparámetro HANNA HI 98194 y HI83099. Ambos son capaces de medir pH, Temperatura, Oxígeno disuelto (para determinar el DBO_5), pero las diferencias más significativas entre ellos consisten en que el HI83099 es capaz de medir DQO pero es un equipo fijo de mesa, mientras que el HI 98194 no mide dicho parámetro pero es un equipo portátil (fotos en el Anexo 2). Aunque el DQO es un parámetro bastante influyente para determinar de forma inmediata el estado de un cuerpo de agua, se decidió que era mejor realizar las mediciones in situ en vez de almacenarlas en botellas en donde existía el riesgo de que se alterara la muestra. Así, se optó por adquirir el multiparámetro HI 98194 el cual hasta la fecha es utilizada para realizar las mediciones fisicoquímicas de varios tanques sépticos alrededor de la planta.

COTECMAR debido a que no estaba obligado a realizar caracterización de sus aguas, no contaba con la infraestructura necesaria para medir el 100% de sus tanques sépticos. Desde mayo de 2016, con la expedición del Permiso de Vertimientos la autoridad ambiental exigió a la Corporación a hacer la medición del total de sus puntos, por lo que, en el segundo semestre del 2016, se realizaron todas las adecuaciones en las instalaciones que fueron necesarias para cumplir con la obligación. A continuación, en la Imagen 3.1.2, se presentan algunas fotografías de la gestión realizada.

Imagen 3.1.2: Mejoras realizadas en la infraestructura



Fuente: Autores

3.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS VERTIDAS

Con el fin de definir las características físico químicas de las aguas a tratar, se monitorea in situ el pH y la Temperatura de los pozos sépticos por varias semanas, en la entrada y salida de cada Poza. Para esta actividad se utiliza un equipo multiparámetro Hanna HI 98194, con el cual se registra las variables que determinan el tipo de agua, manteniendo una trazabilidad a las mediciones. Adicionalmente, la Corporación adquirió los nutrientes HACH HA1486166, los cuales son usados para la

preparación del agua de dilución en la medición del parámetro DBO₅, en donde se almacenan las muestras en botellas color ámbar para evitar su alteración por rayos ultravioleta y almacenan a 20°C por 5 días tal como lo establece el (IDEAM, 2007) en sus lineamientos para la medición de este parámetro. La mayoría de los tanques sépticos de COTECMAR han sido monitoreados tanto a la entrada como a la salida con el fin de caracterizar las aguas residuales que serán tratadas.

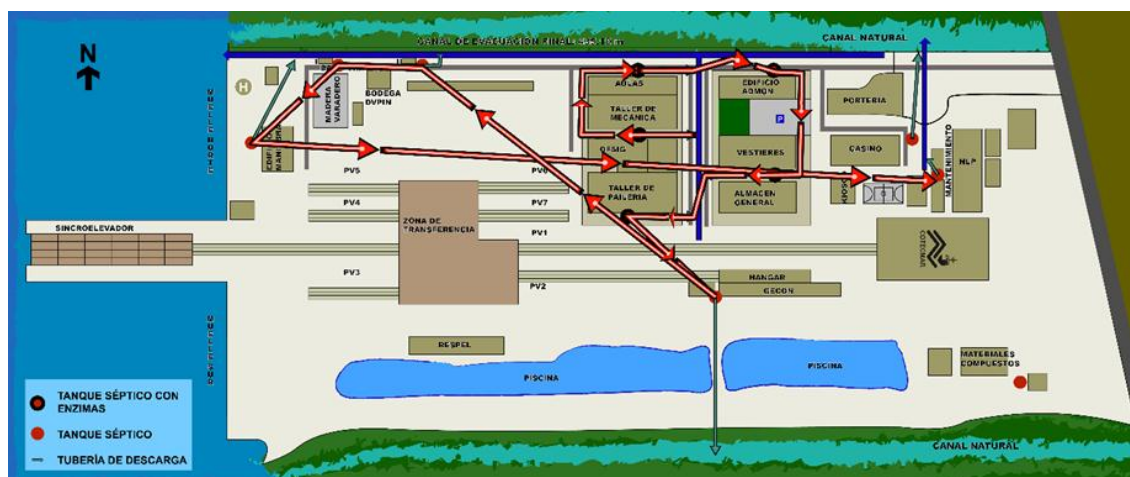
La toma de muestras empieza con la calibración del multiparámetro, la cual se realiza por medio de soluciones estandarizadas provistas por el fabricante Hanna, actividad que se realiza con frecuencia bimensual. El multiparámetro consta de dos partes: el equipo multiparámetro que almacena las mediciones registrando la hora, fecha y nombre del punto y una sonda la cual es la encargada de medir los parámetros del agua a través de sus tres electrodos, que monitorean de forma directa Oxígeno Disuelto, Conductividad y pH. Posteriormente se procede a realizar el monitoreo de varios parámetros in situ; en todos los tanques, sumergiendo la sonda en el agua residual, (Imagen 3.1.3).

Imagen 3.1.3: Toma de muestras



Fuente: Autores

Imagen 3.1.4: Recorrido para la toma de muestras



Fuente: (COTECMAR, 2016)

Las mediciones se han venido realizando desde la adquisición del multiparámetro en junio. A continuación, se muestran los valores obtenidos en cada uno de los tanques sépticos monitoreados.

Tabla 3.1.1: Seguimiento tanque Vestieres

Fecha Monitoreo	T (°C)		pH		TDS [ppm]		D.O.[mg/L]		Porcentaje de Remoción DBO5
	E	S	E	S	E	S	E	S	
23/08/2016	32,71	32,64	7,58	8,03	239,00	324,00	1,66	2,94	53
30/08/2016	32,05	32,58	7,69	7,53	220,67	240,00	2,60	1,62	89
06/09/2016	31,47	32,08	7,46	7,32	244,00	307,33	1,42	2,24	40
13/09/2016	31,85	32,41	7,51	7,67	205,00	249,00	1,16	1,76	27
20/09/2016	32,24	32,50	7,65	7,55	232,00	239,67	1,07	2,16	84
30/09/2016	32,50	32,64	7,58	7,94	240,67	324,00	0,67	1,38	37
13/10/2016	31,16	31,49	8,09	8,51	350,00	568,33	2,25	2,29	31
21/10/2016	30,98	31,40	8,69	8,06	339,00	264,33	3,72	0,67	69
2016/11/03	30,74	30,35	7,89	8,03	157,00	208,33	6,00	2,94	30
10/11/2016	30,76	30,66	8,64	7,67	247,33	308,67	4,15	4,11	50

Tabla 3.1.2: Seguimiento tanque ADMON

Fecha Monitoreo	T (°C)		pH		TDS [ppm]		D.O.[mg/L]		Porcentaje de Remoción DBO5
	E	S	E	S	E	S	E	S	
23/08/2016	30,56	30,16	7,58	8,18	596,33	699,33	1,96	3,83	79
30/08/2016	30,13	30,68	7,67	7,70	768,67	770,67	1,73	2,33	72
06/09/2016	29,63	30,15	7,87	7,80	812,00	673,33	1,31	3,12	75
13/09/2016	29,75	30,29	7,63	7,68	819,33	769,33	1,29	1,76	69
20/09/2016	29,84	30,37	7,75	7,72	790,33	754,00	1,17	2,64	69
30/09/2016	29,28	30,16	7,62	7,96	630,00	699,33	1,59	1,30	21
13/10/2016	28,46	28,98	8,07	8,08	813,67	846,67	0,65	2,80	84
21/10/2016	28,78	29,08	8,43	8,10	634,00	735,00	0,64	1,98	29
2016/11/03	28,42	28,50	8,24	8,18	602,00	770,33	3,96	3,83	66
10/11/2016	29,09	28,37	8,25	8,13	47,67	679,33	5,93	4,61	51

Tabla 3.1.3: Seguimiento tanque Mecánica

Fecha Monitoreo	T (°C)		pH		TDS [ppm]		D.O.[mg/L]		Porcentaje de Remoción DBO5
	E	S	E	S	E	S	E	S	
23/08/2016	31,22	31,32	7,77	8,22	488,33	155,00	1,63	3,11	28
30/08/2016	30,34	31,49	7,41	7,90	218,67	114,67	2,82	4,59	81
06/09/2016	29,77	31,39	7,94	7,97	235,67	126,67	3,20	5,47	84
13/09/2016	30,24	30,78	7,81	7,94	356,67	127,00	2,22	3,18	66
20/09/2016	30,44	31,55	7,40	7,74	167,67	194,33	3,21	4,25	83
30/09/2016	30,44	31,32	8,48	7,98	327,00	155,00	0,61	3,90	32
13/10/2016	29,05	30,25	8,18	7,77	549,00	338,00	0,22	4,32	50
21/10/2016	28,80	29,08	7,81	8,32	116,33	382,33	3,64	0,61	71
03/11/2016	28,02	28,44	7,95	8,22	133,67	486,67	6,59	3,11	64
10/11/2016	28,59	30,34	8,86	8,12	494,67	199,33	3,77	5,71	82

Tabla 3.1.4: Seguimiento tanque OFSIG

Fecha Monitoreo	T (°C)		pH		TDS [ppm]		D.O.[mg/L]		Porcentaje de Remoción DBO5
	E	S	E	S	E	S	E	S	
23/08/2016	33,18	35,21	7,47	8,00	161,67	373,33	1,99	7,50	47
30/08/2016	31,66	35,59	8,14	8,18	511,00	265,33	2,12	2,81	73
06/09/2016	31,53	35,70	7,99	7,94	260,33	307,67	1,70	4,23	55
13/09/2016	31,20	33,91	7,66	7,96	203,00	278,33	1,59	3,36	44
20/09/2016	31,33	34,33	7,44	7,65	164,67	193,33	2,40	3,08	26
30/09/2016	31,03	35,21	8,02	8,02	335,67	373,33	0,78	2,54	49
13/10/2016	29,66	31,57	8,48	8,19	387,00	282,00	3,01	4,61	73
21/10/2016	29,88	30,05	6,29	7,44	93,00	222,00	3,82	3,27	37
03/11/2016	29,04	28,78	6,55	8,00	134,33	279,67	6,66	7,50	32
10/11/2016	29,50	30,16	8,46	8,24	188,67	261,33	5,21	5,19	32

Tabla 3.1.5: Seguimiento tanque Pailería

Fecha Monitoreo	T (°C)		pH		TDS [ppm]		D.O.[mg/L]		Porcentaje de Remoción DBO5
	E	S	E	S	E	S	E	S	
23/08/2016	32,40	33,51	7,76	7,31	165,00	12140,00	2,58	2,70	67
30/08/2016	31,79	33,30	7,61	7,41	183,00	5414,00	2,91	1,61	48
06/09/2016	30,47	32,78	8,16	7,56	311,33	1884,33	1,67	3,56	32
13/09/2016	30,92	32,93	8,27	7,85	648,00	8076,33	1,62	2,11	86
20/09/2016	31,19	33,05	8,23	8,04	706,67	2543,67	2,25	2,29	85
30/09/2016	31,79	33,51	8,07	7,71	501,67	12140,00	0,59	1,66	18
13/10/2016	30,24	31,77	8,82	8,03	924,00	5889,33	1,56	3,96	87
21/10/2016	30,46	30,47	8,29	8,30	806,33	800,33	0,72	0,04	58
2016/11/03	29,82	29,86	7,24	7,31	1041,33	1040,00	2,84	2,70	51
10/11/2016	29,79	31,87	7,86	7,87	1000,00	8494,33	4,06	4,52	42

Tabla 3.1.6: Seguimiento tanque GECON

Fecha Monitoreo	T (°C)		pH		TDS [ppm]		D.O.[mg/L]		Porcentaje de Remoción DBO5
	E	S	E	S	E	S	E	S	
13/09/2016	28,92		8,67		1287,00		1,02		73
20/09/2016	29,51	29,65	8,61	8,56	1230,00	1143,00	1,75	2,06	55
2016/09/30	29,82	29,40	8,61	8,57	1258,00	1221,00	1,29	2,24	12
2016/11/03	29,71	29,34	8,10	8,37	532,33	341,67	5,62	3,04	83
2016/11/10	28,93	29,02	8,82	8,56	1018,00	492,00	3,42	4,45	55

***Los anteriores datos fueron suministrados por (COTECMAR, 2016)

El porcentaje de remoción en carga de DBO₅, es calculado con base en las mediciones DBO₅ entrada (ppm) y DBO₅ salida (ppm) descritas en la Tabla 3.1.7.

Tabla 3.1.7 Entrada y Salida por Tanque de DBO₅

Tanque	DBO ₅ Entrada (ppm)	DBO ₅ Salida (ppm)
Vestieres	149	94
Administración	145	115
Taller de Mecánica	154	105
OFSIG	193	98
Taller Pailería	161	131
Construcciones	153	135

Caudal Vestieres: 660,5 L/h

Caudal de tanques: 281,4 L/h

Cálculo de la carga de contaminante= DBO₅*Caudal

Tabla 3.1.8 Calculo Porcentaje de Remoción DBO₅

Tanque	Carga contaminante Entrada (Kg/día)	Carga contaminante Salida (Kg/día)	Porcentaje de remoción
Vestieres	2,36	1,49	37%
Administración	0,98	0,78	21%
Taller de Mecánica	1,04	0,71	32%
OFSIG	1,30	0,66	49%
Taller Pailería	1,09	0,88	18%
Construcciones	1,03	0,91	12%

Al realizar un análisis de los resultados obtenidos y evidenciados en las tablas anteriores y con base en las observaciones realizadas en campo, se concluye que el agua residual que será tratada por la PTAR, va a ser de naturaleza únicamente doméstica, ya que ningún tipo de subproducto industrial llega a los tanques sépticos y por ende, tampoco a la bahía.

3.2 ESTUDIO TÉCNICO

Los estudios técnicos desarrollan y analizan las diferentes alternativas tecnológicas para producir bienes y/o servicios que se requieren, generando la factibilidad técnica de cada una de ellas. El análisis identifica el talento humano, las herramientas, los equipos, la maquinaria, las materias primas y la infraestructura necesarias para el proyecto y, por tanto, los costos de inversión y de operación requeridos, así como el capital de trabajo que se requiere.

El estudio técnico es aquel que presenta la determinación del tamaño óptimo de la planta, determinación de la localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal (Baca Urbina, 2010).

Los aspectos que se relacionan con la ingeniería del proyecto son probablemente los que tienen mayor incidencia sobre la magnitud de los costos y las inversiones que deberán efectuarse a la hora de implementar un proyecto.

En el análisis de la viabilidad financiera de un proyecto, el estudio técnico cumple la función de proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008).

3.2.1 LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DEL PROYECTO

La localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital (criterio privado) obtener el costo unitario mínimo.

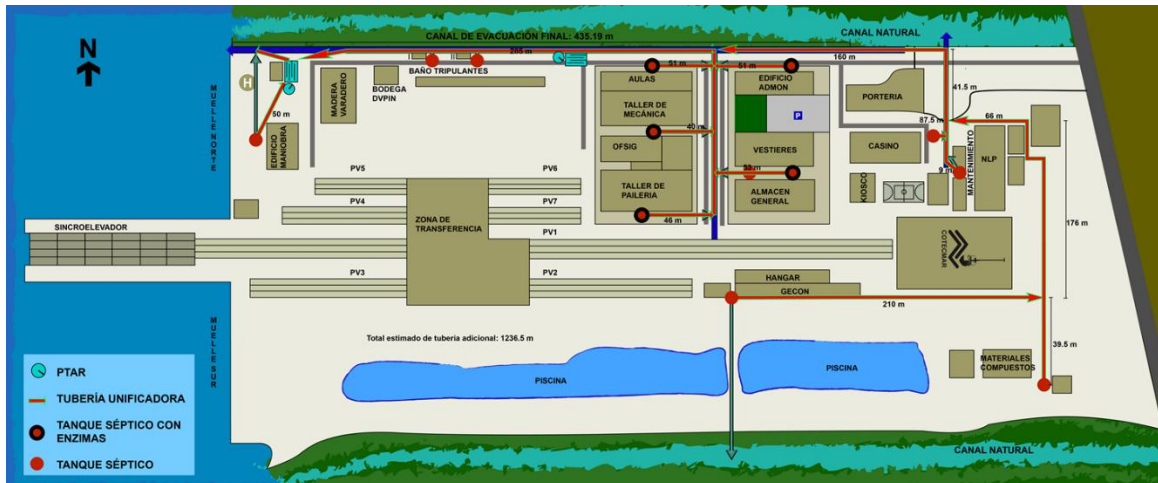
Para determinar la localización óptima se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Topografía del terreno: Las características del terreno deben garantizar que la Planta se instale en los puntos de cotas más bajos, con el fin de garantizar un flujo constante por gravedad y de esta manera evitar la utilización de un sistema de bombeo lo cual impactaría en costos.
- Distribución de los edificios y estructuras actuales: Para la ubicación de la Planta se debe tener en cuenta la distribución actual de los edificios administrativos, talleres, almacenes y zonas de producción. La Planta debe ser ubicada en una zona que no interfiriera en el flujo productivo de la corporación ni genere impacto negativo visual al contorno ambiental.
- Disponibilidad de punto de energía: Se debe tener en cuenta el recorrido de las redes primarias con el fin de estimar los costos para el suministro de la energía.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores y realizando un levantamiento de campo se determinó que el área más óptima es la zona cercana al muelle Norte, entre el baño de tripulantes y la caseta de maniobras. Esta zona abarca un área disponible

de cerca de 600 m², se encuentra a 50 m del punto de descarga sobre la bahía, es el punto de cota más bajo y la distancia a la red eléctrica más cercana no supera los 30 m. Ver imagen 3.2.1.

Imagen 3.2.1: Distribución de áreas del complejo Mamonal



Fuente: (COTECMAR, 2016)

Cabe resaltar que las características del terreno corresponden a un área plana despejada, sin arbustos, sin árboles o edificios aledaños, con alto nivel freático, arena compacta tipo gravilla, sin asentamientos, con velocidad constante de aire de 15 m/s y dirección Norte-Este, en promedio una temperatura ambiente de 32 °C y una humedad relativa del 86%.

3.2.2 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE LA PLANTA

Se definió como el tamaño óptimo de la Planta, la capacidad mínima requerida para tratar de manera continua la descarga de las aguas domésticas producidas en el complejo. Esta capacidad se definió con base en el consumo promedio de agua potable consumida, el cual se relaciona a continuación:

Tabla 3.2.1: Caudales históricos Planta Mamonal

Mes	Año 2016 (m³)	Año 2017 (m³)
Enero	2966	2743
Febrero	3005	2530
Marzo	2852	3161
Abril	2811	2933
Mayo	3201	
Junio	2904	
Julio	3201	
Agosto	3180	
Septiembre	3648	
Octubre	3075	
Noviembre	3417	
Diciembre	2659	

Fuente: (COTECMAR, 2016)

Tabla 3.2.2: Cálculo capacidad Planta de Tratamiento

Promedio Mensual (m³/mes)	3080
Promedio (m³/día)	103
Promedio (m³/hora)	4,3
Promedio (m³/s)	0,001
Promedio (L/s)	1,188
Incremento del 25%	1,486

Fuente: Autores

Como resultado de las Tablas anteriores (3,2,1 y 3,2,2) se obtiene un cálculo de capacidad mínima de 1,188 L/s para trabajo continuo. Sin embargo, teniendo en cuenta la fluctuación del consumo entre el valor máximo (3852 m³) y el valor promedio (3090 m³) se observa una variación del 25%, por lo cual se recomienda incrementar la capacidad nominal hasta en un 25% y de esta manera garantizar el tratamiento en los meses de mayor consumo.

Teniendo en cuenta este análisis, se propone una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de capacidad de 1,5 L/s.

3.2.3 TAMAÑO ÓPTIMO DEL PROYECTO

Para delimitar y definir el tamaño óptimo del proyecto se definen las características o especificaciones técnicas que debe cumplir el requerimiento del proyecto.

A continuación, se describen las especificaciones técnicas:

- Las aguas a tratar serán de tipo doméstico y se debe garantizar que después del tratamiento estas puedan ser vertidas a un cuerpo receptor o ser utilizadas para el riego de las áreas verde del entorno.
- Se debe diseñar un sistema de tratamiento biológico, anaerobio o aerobio, con generación o inoculación de bacterias
- La Planta de tratamiento como mínimo debe tener un Pretratamiento, un tratamiento primario y un tratamiento secundario.

El Pretratamiento debe garantizar la remoción y separación de elementos no degradables sólidos por medios físicos sin aplicación de agentes externos

El Tratamiento Primario debe garantizar una homogenización de las aguas, remoción de sólidos suspendidos y parte de material orgánico mediante la adición de microorganismo y sedimentación de partículas.

El Tratamiento secundario debe garantizar la remoción de materia orgánica disuelta por medio de tratamiento biológico en lecho de alta eficiencia.

- Cumplimiento del Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento Básico RAS-2000.
- Diseño del sistema de recolección de aguas residuales domésticas generadas en el complejo Mamonal.
- Diseño del tanque de almacenamiento de las aguas domésticas residuales (ecualizador)

- Gestionar y obtener las licencias y/o permisos requeridos por la autoridad competente para la realización del proyecto.
- Elaboración de plan de manejo ambiental y de emergencias para la ejecución del proyecto.
- Construcción y puesta en marcha del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en el complejo Mamonal, incluyendo sistema de recolección, ecualizador y planta de tratamiento.
- Realización de las pruebas requeridas en el RAS 2000, decreto 1594 de 1984 y otra reglamentación colombiana vigente que sea aplicable, para asegurar la operatividad y eficacia del sistema
- El sistema debe ser flexible de modo que se pueda adaptar en el caso de incremento del caudal a tratar.

3.2.4 INGENIERÍA DEL PROYECTO

El objetivo general del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente al alcance de la instalación la descripción del proceso, materiales de fabricación, adquisición de equipo y maquinaria y el funcionamiento de la planta.

- **MATERIAL DE FABRICACION**

El sistema de Tratamiento de aguas residuales se realizará en una estructura prefabricada en fibra de vidrio estructural: en una estructura de acero de alta resistencia fundida en fibra de vidrio de especificaciones adecuadas para resistir los ácidos y los gases generados por la actividad biológica interna del sistema.

La humedad y el tipo de suelo no afectan la estructura externamente ya que la resina en la que se realiza la fundición debe contener materias primas las cuales evitan el ataque de hongos o bacterias, por tanto la fibra de vidrio estructural puede permanecer en las mismas condiciones iniciales.

Los materiales principales a utilizar en la construcción de la Planta de Tratamiento son:

- TELA MATT 540 g/m²: La fibra de vidrio “MAT” es una colchoneta de hilos cortados, distribuidos multidireccionalmente en un solo plano. La fibra debe ser compatible para uso en sistemas de resinas poliéster epoxicas. Se requiere la aplicación de moldeo abierto a baja presión, como soporte de Gel Coat y como un refuerzo para laminado estándar
- TELA WOVENG ROVING 800 g/m²: Es una tela tejida de fibra de vidrio bidireccional, densidades de 800 g/m², en las estructuras actúa como refuerzo de tracción y compresión actuando conjuntamente con la estructura de acero para dar mayor resistencia bidireccional como mínimo 1300 lb/pul²
- CATALIZADOR SUPERCAT S-960: El catalizador es una sustancia capaz de favorecer o acelerar una reacción química sin intervenir directamente en ella; al final de la reacción el catalizador permanece inalterado.
- RESINA POLIESTER: de características semirrígida, de media reactividad y viscosa, en solución de estireno.
- PINTURA GEL COAT CON PROTECCION UV: El poliéster debe ser un GET COAT isoftálico neopentileno, de baja viscosidad, precalentado, tixotrópicos, resistente al agua

El método de fabricación para la planta de Tratamiento será manual, con la utilización de moldes para la fabricación de los tanques como sus componentes.

El acabado superior interior y exterior será liso, 100%, higiénico que evite la formulación de algas o acumulación de lodos. El acabado final será en pintura poliéster gris naval con protección UV.

Los materiales y equipos para la construcción del sistema de recolección de aguas (alcantarillado) son:

- Tubería sanitaria bajo tierra o bajo placa de concreto: tubería sanitaria PVC 6" 426 m bajo tierra (prof exc 0,80) o bajo placa de concreto e= 20 cm
- Tuberías a la vista en los cárcamos: tubería PVC-P D=6" a la vista en los cárcamos. Incluye fijación y protección UV
- Recolección de aguas residuales y plan de continuidad para servicios de baños: Vehículo tipo Vactor con tanque de vacío certificado y diseñado bajo norma ASME 40/200, capacidad 12 o 24 m³. Recolección mínima a facturar 6 m³.

3.2.5 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

El presupuesto de inversión se definió con base a cotizaciones de referencia y se asignaron excedentes corrientes del año 2016 para garantizar la ejecución del proyecto.

Tabla 3.2.3: Presupuesto de Inversión

ITEM	ACTIVIDAD	INVERSION
1	CONSULTORIA DE DISEÑO	\$ 46.000.000
1,1	Cálculo Volumétrico	\$ 10.000.000
1,2	Diseño ruteado de tubería	\$ 10.000.000
1,3	Diseño tanque ecualizador	\$ 12.000.000
1,4	Diseño PTAR	\$ 14.000.000
2	ESTUDIOS PREVIOS	\$ 31.000.000
2,1	Caracterización de aguas residuales	\$ 5.000.000
2,2	Planimetría	\$ 7.000.000
2,3	Estudio de suelos	\$ 8.000.000
2,4	Recursos hídricos	\$ 5.000.000
2,5	Impacto ambiental del proyecto	\$ 6.000.000
3	CONSTRUCCION PTAR	\$ 450.000.000
3,1	Sistema de recolección de aguas servidas	\$ 250.000.000
3,2	Ecualizador	\$ 80.000.000
3,3	PTAR	\$ 120.000.000
4	GESTION DEL PROYECTO	\$ 4.875.640
4,1	Gestión del proyecto	\$ 3.442.800
4,2	Reuniones de Seguimiento	\$ 1.432.840

El presupuesto descrito en la Tabla 3,2,3 corresponde a un valor estimado de \$531,875,640 el cual garantiza la ejecución del alcance del proyecto para la optimización del actual sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas y de esta manera dar cumplimiento a la normatividad legal vigente.

3.2.6 CRONOGRAMA DE INVERSIÓN

El cronograma de inversión se definió acuerdo el cumplimiento hito o de actividades entregables al 100%, para lo cual se definió lo siguiente:

Tabla 3.2.4 Cronograma de Inversión Presupuestado

ITEM	ACTIVIDAD	INVERSION	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	CONSULTORIA DE DISEÑO	\$ 46.000.000						
1,1	Cálculo Volumétrico	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000					
1,2	Diseño ruteado de tubería	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000					
1,3	Diseño tanque ecualizador	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000					
1,4	Diseño PTAR	\$ 14.000.000	\$ 14.000.000					
2	ESTUDIOS PREVIOS	\$ 31.000.000						
2,1	Caracterización de aguas residuales	\$ 5.000.000		\$ 5.000.000				
2,2	Planimetría	\$ 7.000.000		\$ 7.000.000				
2,3	Estudio de suelos	\$ 8.000.000		\$ 8.000.000				
2,4	Recursos hídricos	\$ 5.000.000		\$ 5.000.000				
2,5	Impacto ambiental del proyecto	\$ 6.000.000		\$ 6.000.000				
3	CONSTRUCCION PTAR	\$ 450.000.000						
3,1	Sistema de recolección de aguas servidas	\$ 250.000.000			\$ 125.000.000	\$ 62.500.000	\$ 62.500.000	
3,2	Ecualizador	\$ 80.000.000			\$ 40.000.000	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000	
3,3	PTAR	\$ 120.000.000			\$ 60.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	
4	GESTION DEL PROYECTO	\$ 4.875.640						
4,1	Gestión del proyecto	\$ 3.442.800	\$ 573.800	\$ 573.800	\$ 573.800	\$ 573.800	\$ 573.800	\$ 573.800
4,2	Reuniones de Seguimiento	\$ 1.432.840	\$ 238.807	\$ 238.807	\$ 238.807	\$ 238.807	\$ 238.807	\$ 238.807
	PRESUPUESTO DE INVERSION	\$ 531.875.640	\$ 46.812.607	\$ 31.812.607	\$ 225.812.607	\$ 113.312.607	\$ 113.312.607	\$ 812.607

En el cronograma de inversión descrito en la Tabla 3.2.4, se observa la proyección del flujo de caja requerido en el proyecto. Se resalta que el flujo de caja está enmarcado al cumplimiento de Hitos claramente definidos en las actividades descritas en el cronograma. Lo anterior permite a la gerencia del proyecto tener control del desembolso mensual y permite hacer seguimiento al cumplimiento de este cronograma.

3.2.7 ANALISIS COMPARATIVO TÉCNICO DE LAS DOS TECNOLOGÍAS.

La comparación de las dos tecnologías definidas, nos ayuda a identificar las características de cada una de ellas, facilitándonos la mejor selección.

Una vez verificada la naturaleza de las aguas a tratar, se puede concluir que para el tratamiento de las aguas residuales domésticas sólo es necesario brindar tratamiento primario y secundario con el fin de alcanzar los límites de remoción establecidos. Dentro de los tratamientos biológicos de aguas residuales domésticas más conocidos se encuentran los sistemas de Lodos Activados (SBR) y los Reactores de lecho fijo móvil o (MBBR).

Ambos sistemas permiten dar un tratamiento del agua residual doméstica hasta el punto de cumplir con los parámetros máximos permitidos por las normas ambientales vigentes.

A continuación, se realizará la respectiva comparación entre los sistemas, su funcionamiento y ventajas, lo cual permitirá tener criterios para la selección del tipo de proceso de acuerdo a las necesidades que tenemos

3.2.7.1 Tecnología de Lodos Activados (SBR)

Es una de las tecnologías más difundidas a nivel mundial, creado en 1914 para el tratamiento de efluentes industriales y efluentes municipales. Desde el punto de vista biotecnológico, una planta de lodos activados es un bioproceso de funcionamiento continuo.

Los sistemas de Lodos Activados son tratamientos biológicos del agua residual, que permiten la depuración del agua empleando microorganismos que permanecen suspendidos dentro del bioreactor (tanque de aireación), en el cual se dota a los microorganismos del aire requerido para la oxidación de la materia orgánica, así como

también se realiza la mezcla necesaria para mantener a los microorganismos en suspensión, lo que les permite tener mayor área de contacto con el agua a depurar.

Los tiempos de retención del agua en el bioreactor van de las 18 a 36 horas logrando una oxidación completa (depuración) de la materia orgánica contenida en el agua residual y permitiendo además que los microorganismos entren en una fase llamada “endógena”, en la cual al agotar la fuente de alimento (materia orgánica) los microorganismos empiezan a consumir sus reservas alimentarias y terminan por llegar a un proceso de lisis (muerte) celular, lo que lleva a tener una baja producción de lodo.

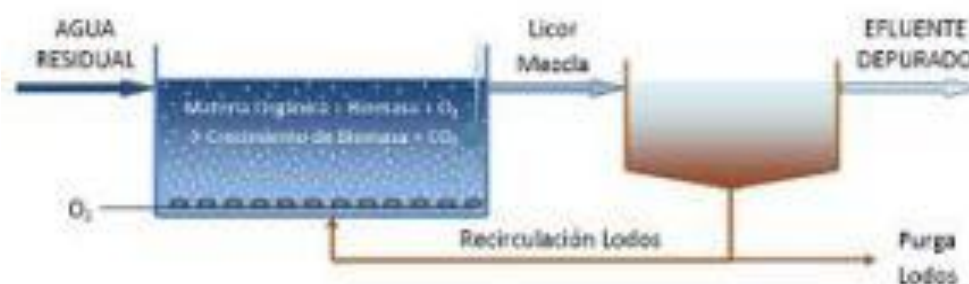
El agua del bioreactor (licor mezcla) es una combinación entre agua depurada y microorganismos que han crecido y multiplicado (lodo), por lo cual el licor mezcla pasa a un tanque de sedimentación secundaria en donde, por acción de gravedad, se separa el lodo que al ser más pesado va a la parte inferior del sedimentador, mientras que el agua depurada y tratada rebosa por la parte superior. El lodo es entonces retornado (lodo activado) al tanque de aireación para que continúe con el tratamiento del agua, mientras que una parte del lodo es extraído (lodo en exceso) del sistema para mantener una adecuada concentración de microorganismos (biomasa).

Debe pasar un periodo de tiempo determinado, llamado tiempo de retención, para que, la mezcla de células nuevas con células viejas, conduzca a la oxidación completa de la materia orgánica. De ahí, parte del líquido mezcla es pasado desde la parte superior del tanque, hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada. Este proceso es llamado clarificación del agua. Otra parte del líquido mezcla, es pasado desde la parte baja del tanque (que contiene las células sedimentadas) y se recircula para mantener en el birreactor, una concentración de células equilibrada. Finalmente, la otra parte se purga del sistema (fango en exceso) hacia otro proceso en donde son tratados los fangos.

Las bacterias filamentosas y las formadoras de flóculos son los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica del afluente. El agua

procedente del tratamiento primario, al tanque de aireación, en donde es mezclada con el aire disuelto que sale por los difusores. El suministro de aire a lo largo de toda la longitud del tanque debe ser uniforme para lograr una mezcla completa. Durante el periodo de aireación se produce la absorción, floculación y oxidación de la materia orgánica en suspensión. Los sólidos del fango activado se separan en un decantador secundario. Este proceso necesita de una carga orgánica reducida y un largo periodo de aireación (Acuña Torres, 2008).

Imagen 3.2.2: Proceso de Tecnología SBR



Fuente: (Munozel, 2011)

3.2.7.2 Tecnología de Tratamiento Biológico (MBBR -Moving Bed Biofilm Reactor)

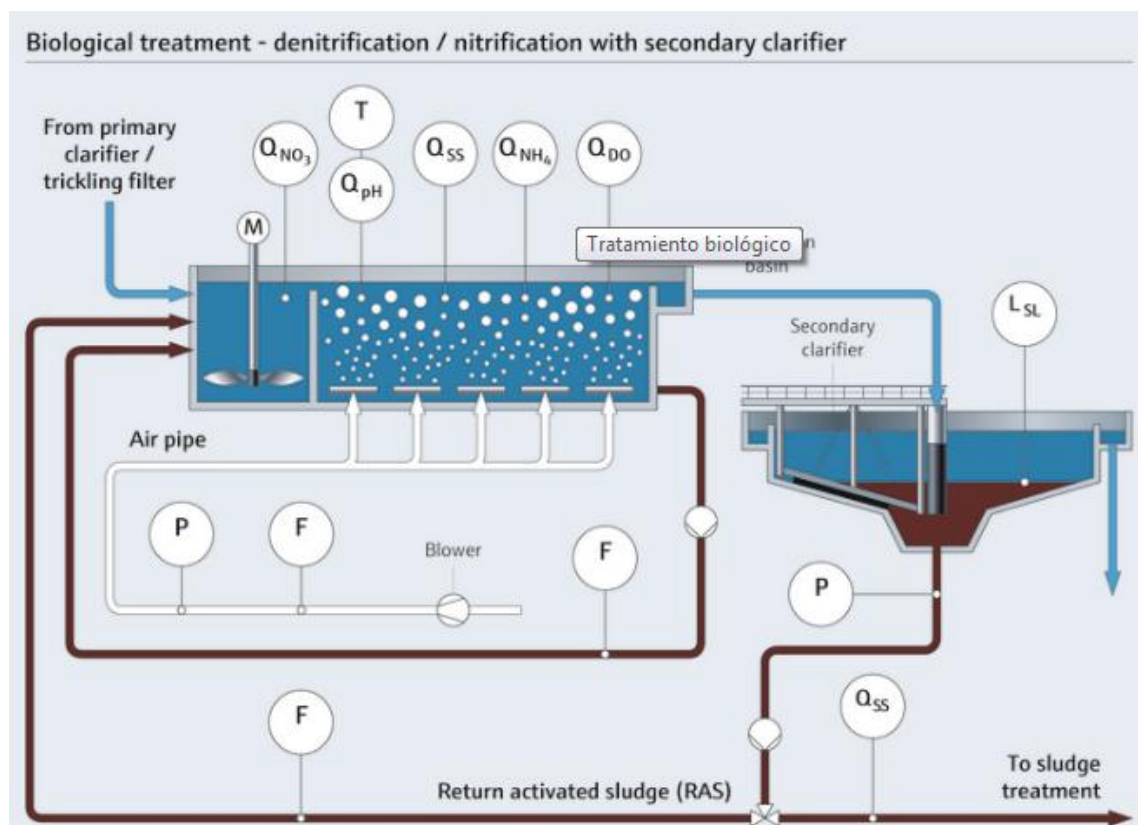
El método (MBBR) es un nuevo enfoque en la tecnología biológica de tratamiento de aguas residuales que está ganando impulso en todo el mundo; en este método las partes portadoras (material de empaque) están diseñadas con una densidad muy cercana a la del agua, que permite el libre movimiento de estas alrededor del reactor. Por otro lado, la presencia de material de empaque aumenta el área superficial sobre la cual la biomasa puede crecer, llegando a captar más del 90% de esta (Schmidt & Schaechter, 2011), lo cual es una ventaja bastante significativa del método debido a que se elimina la necesidad de realizar una recirculación de lodos para aumentar la concentración de biomasa. Una ventaja adicional del MBBR sobre métodos típicos en el tratamiento de aguas (Ej. Lodos Activados) se observa en el alto tiempo de retención de sólidos (TRS) que estos últimos métodos requieren, ya que con la técnica MBBR el

tiempo de retención disminuye al igual que la generación de lodos, lo cual garantiza una mayor remoción de carga contaminante en el agua con reactores de menor tamaño y disminución de costos para el tratamiento de lodos generados como subproducto del proceso de tratamiento de aguas residuales. Por último, el movimiento del material de empaque en el interior del reactor, podría ser realizado mediante la aireación dentro de los reactores aeróbicos mientras que en los reactores anaeróbicos (Borkar, Gulhane, & Kotangale, 2013).

Los sistemas de MBBR o reactores de lecho fijo móvil, es un sistema de tratamiento biológico, en el cual la biomasa se adhiere en lechos de soporte que permanecen suspendidos mediante agitación con aire. Los lechos de soporte tienen un área superficial alta, superior a $3000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de volumen útil, permitiendo que el medio portante pueda ser colonizado por una gran cantidad de biomasa, lo que conduce a tasas muy altas de biodegradación, con la optimización del espacio disponible.

Para evitar que el material de soporte (que generalmente es un polímero plástico) se arrastrado fuera del tanque de aireación, la conexión entre el tanque de aireación con el sedimentador secundario se realiza por la parte inferior, y dispone de una rejilla. Estos sistemas permiten además disponer de cámaras anóxicas con lecho de soporte específicos para la desnitrificación de aguas con altas cargas de nitrógeno.

Imagen 3.2.3: Proceso Tecnología MBBR



Fuente: (Endress+Hauser Management AG, s.f.)

3.2.7.3 Cuadro comparativo de ventajas y desventajas de los tipos de tecnologías definidas.

La correcta selección de la tecnología teniendo en cuenta las necesidades de la Corporación y las características de cada tecnología acuerdo lo descrito anteriormente es un paso crítico en el proyecto. A continuación, se presenta un cuadro resumen comparativo de las dos tecnologías donde se identifican las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas.

Tabla 3.2.5: Ventajas y Desventajas de las Tecnologías SBR Y MBBR

TIPO DE TECNOLOGIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS

Lodos Activados (SBR)	Flexibilidad de operación y ampliación de capacidad	Requiere mayor Sofisticación y Mantenimiento
	Alta Eficiencia de remoción de carga orgánica	Dependencia con la temperatura del efluente a tratar
	Minimización de Olores y Ausencia de insectos	Riesgo de taponamiento de los dispositivos de aireación
	Prescinde de sedimentación primaria	Requiere de un control permanente
	Generación de lodos secundarios “estabilizados	Altos costos de operación
	Produce lodos ya estabilizados	No admite mucha variación de caudal Bajo abatimiento bacteriológico
Reactor de biopelículas en cama móvil (MBBR)	No necesita sedimentador primario	No permite ampliar capacidad en caso de incrementar el caudal de tratamiento.
	Poca producción de Lodo	En caso de superar el caudal de diseño se requiere realizar un nuevo estudio para lo cual se debe eliminar la Planta inicial e instalar un nuevo equipo
	Menor requerimiento de área	
	No presenta taponamientos	
	Resistente a cambios bruscos en la carga	Periodo de estabilización largo No permite variación de la caracterización de las aguas. En caso de variación del efluente el sistema no responde adecuadamente
	Requiere poco mantenimiento	

Fuente: (SINIA), (Borkar, Gulhane, & Kotangale, 2013)

En la Tabla 3,2,5 se describen las ventajas y desventajas más significativas de las dos tecnologías. Como análisis de este cuadro, se resalta la desventaja de la tecnología MBBR en lo correspondiente a la poca flexibilidad del sistema al variar la caracterización de las aguas y la capacidad del caudal de entrada. Esta desventaja limita la operación de la tecnología MBBR al diseño de la capacidad inicial y en caso de incrementar el caudal de las aguas tratar se requiere cambiar la Planta de seleccionada.

Así mismo, se observa la ventaja que ofrece la tecnología SBR, en lo correspondiente a la flexibilización del sistema al variar el caudal de tratamiento de las aguas.

3.2.8 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LAS DOS TECNOLOGÍAS

En esta sección se ampliarán las características y especificaciones técnicas de las tecnologías estudiadas.

3.2.8.1 Especificaciones Técnicas de Lodos Activados (SBR)

El proceso de lodos activados consiste en la digestión de la materia orgánica, causante de la contaminación en las aguas residuales, por medio de microorganismos aeróbicos, los cuales convierten esta materia orgánica en gas carbónico, agua y un residuo sólido.

3.2.8.1.1 Capacidad de PTAR

La Capacidad de caudal para tratar es de 103 m³/día.

3.2.8.1.2 Características de remoción

La etapa biológica está diseñada con una carga de 187mg/l de DBO₅ y podrá soportar un valor máximo de 250mg/l de DBO₅

- ❖ No se contempla necesidad de contar con pre tratamiento para remoción de grasa y aceites (trampa de grasas) antes de ingresar a la planta de tratamiento de agua, ya que se reporta un valor de 14mg/l.
- ❖ La remoción de la DBO₅ está comprendida entre un 90% y el 95%.
- ❖ El efluente es claro, sin olor y con cloro residual que ocasiona efecto mínimo en la fuente receptora

3.2.8.1.3 Características de la PTAR

La planta de agua residual compacta está fabricada con cuerpo en acero al carbón. En esta planta se realizan las operaciones de aireación, floculación, sedimentación y clarificación. El equipo posee un sistema de control semi-automático para controlar el equipamiento para el bombeo y distribución de aire. A continuación, en la Tabla 3.2.6, se presenta un resumen de las especificaciones para la tecnología SBR.

Tabla 3.2.6: Características de la PTAR SBR

Cantidad	Una (1).
Material	Lámina de acero al carbón A283 GRC o similar.
Operación	SEMIAUTOMATICA
Peso de operación	73 ton aprox.
Largo	11.6 m
Ancho	3.0 m
Accesorios	En la parte superior esta provista de una pasarela que permite al operador desplazarse desde la cámara de aireación hasta la cámara de sedimentación, con baranda de protección con 0.9 m de altura. Tanto la baranda como la pasarela serán fabricadas en acero estructural. Se cuenta con válvulas manuales en el fondo de la planta para el desalojo de los sólidos, cuya apertura se realizará de acuerdo al seguimiento que el operario realiza en campo.

3.2.8.1.4 Equipos a utilizar

- ❖ Un (1) Tanque de ecualización y bombeo
- ❖ Una (1) bomba sumergible.
- ❖ Switches de nivel para el pozo de bombeo.
- ❖ Una (1) planta de tratamiento compacta modelo 10 CY 17.
- ❖ Un aireador (1), para el sistema de aireación.
- ❖ Una (1) bomba dosificadora de hipoclorito de sodio.
- ❖ Un (1) tanque de almacenamiento de hipoclorito y switch de protección por bajo nivel.
- ❖ Un (1) tanque de contacto en PE.
- ❖ Un (1) tablero eléctrico de fuerza.
- ❖ Interconexiones eléctricas e hidráulicas asociadas.

3.2.8.1.5 Descripción de Tratamiento

El agua residual doméstica es tomada desde el foso de bombeo y enviada a la planta de tratamiento biológico, donde es recibida en un reactor aeróbico, llamado también cámara de aireación, en donde un alto porcentaje del material orgánico es oxidado biológicamente por medio de microorganismos aeróbicos, los cuales lo convierten en gas carbónico, agua y biomasa insoluble.

La mezcla de agua y microorganismos, llamada licor de mezcla, es enviada a la sección de clarificación, en donde se obtiene el agua clarificada. Los lodos son retornados continuamente al reactor aeróbico para mantener la población adecuada de microorganismos y esporádicamente se hace una evacuación del exceso de lodos, los cuales quedarán a disposición del cliente para ser dispuestos en lechos de secado o sistema de deshidratación de lodos. En caso de requerirse EDOSPINA podrá cotizar el sistema de deshidratación de lodos.

El agua clarificada recibe una dosis de hipoclorito y queda a disposición del cliente para su conducción y disposición.

3.2.8.1.6 Descripción de equipos

A continuación, se expone el funcionamiento de los equipos que integran la PTAR y sus respectivas especificaciones técnicas.

- Rejilla de cribado

Se incluye Rejilla de Cribado (por EDOSPINA) para realizar cribado de cualquier sólido grande presente en el agua residual a tratar.

- Tanque de homogenización y bombeo

Se debe construir un tanque para homogenizar las corrientes recibidas y así poder enviarlas al sistema de tratamiento biológico.

Tabla 3.2.7: Medidas Tanque de homogenización

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO UTIL(m)
2.0	2.0	2.5

- Bombas de alimentación a la planta compacta

Una (1) bomba para alimentar el agua a la planta. La bomba está acoplada a un motor eléctrico 220VAC x 3f x 60Hz. Se debe incluir un interruptor de nivel para controlar el encendido y apagado de la bomba según el nivel de agua en el pozo.

- Aireador

Se debe suministrar un aireador de flujo constante con presión positiva que garantice las CFM calculadas en el diseño

Tabla 3.2.8: Especificaciones del aireador

Cantidad	Uno (1)
Tipo	Desplazamiento positivo o regenerativo
Motor eléctrico	220/440 voltios, 3 fases, 60Hz

- Sistema de dosificación de desinfectante

Se debe suministrar un sistema de bombeo tipo goteo con controlador de tiempo y frecuencia bajo las siguientes especificaciones:

Tabla 3.2.9: Sistema de dosificación de desinfectante

Bomba Dosificadora De Desinfectante	
Cantidad	Una (1).
Tipo	Tipo diafragma de desplazamiento positivo/ reciprocante, de ajuste manual.

Materiales	Cabezal de dosificación y válvulas cheque en PVC, diafragma en teflón
Voltaje	110 VAC
Tanque Para Almacenamiento De Desinfectante	
Tanque solución de hipoclorito	Uno (1) de 75 litros fabricado en PE.
Accesorios	Interruptor de nivel tipo flotador para el tanque.

- Tanque de contacto

Una vez el agua sale del clarificador el agua es descargada a un tanque de contacto donde recibe una dosificación de hipoclorito de sodio. El tanque está ubicado contiguo al clarificador y será fabricado en PE.

Tabla 3.2.10: Capacidad tanque de contacto

Cantidad	Uno (1)
Material	PE
Capacidad	2000L

- Tablero de fuerza

Un tablero eléctrico, encerramiento Nema 4, en donde se encuentran ubicados todos los elementos eléctricos y de control. Incluye un controlador tipo logo para programar los tiempos de aireación y descanso del soplador. Incluye borneras, protecciones del soplador de la planta y de la bomba dosificadora de químicos, luces indicadoras.

- Líneas de interconexión hidráulica y eléctrica

Se incluyen los materiales de interconexión hidráulica entre las diferentes secciones de la Planta, incluyendo:

- ❖ La interconexión entre la bomba de alimentación y la planta, teniendo en cuenta que el foso de bombeo debe estar a máximo 2 metros de distancia de la planta y su profundidad es de 2.5m.
- ❖ La interconexión entre los equipos de la planta: planta compacta y tanque de contacto.
- ❖ La interconexión entre la bomba dosificadora de hipoclorito y el tanque de contacto.

- Lechos de secado

Se deberá construir dos (2) cámaras para secado de los lodos extraídos del sistema biológico al ambiente con el objeto de remover El exceso de humedad para su disposición final.

Tabla 3.2.11: Dimensiones de lechos de secado

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO UTIL(m)
3.0	3.8	1.0

La Fuente de todas las especificaciones anteriormente mencionadas es la empresa (EDOSPINA, 2016) la cual envió a COTECMAR una cotización

3.2.8.2 Especificaciones Técnicas de Tratamiento Biológico (MBBR)

Es un reactor Biológico de lecho móvil (proceso MBBR,) diseñado e implementado especialmente para el tratamiento de aguas residuales Domésticas, cuyo principio de funcionamiento se basa en un proceso biológico avanzado cuyo medio de soporte utiliza Diferentes Rellenos, dichos rellenos poseen una densidad ligeramente inferior a la del agua lo que le permite mantenerse en suspensión en el agua.

3.2.8.2.1 Capacidad de PTAR

La Capacidad de caudal para tratar es de 103 m³/día.

3.2.8.2.2 Características de remoción

Reducción de contaminantes hasta de 90% - 95%

3.2.8.2.3 Características de la PTAR

A continuación, en la Tabla 3.2.12, se describen las características relevantes de la PTAR utilizando la tecnología MBBR

Tabla 3.2.12: Características PTAR MBBR

Cantidad	Una (1).
Material	Poliéster reforzado fibra de vidrio y acero de 2"
Operación	SEMIAUTOMATICA
Horas de operación	25h/días
Voltaje de trabajo	110v- 60hz
Consumo eléctrico	2kw/hora
Vida útil	más de 40 años
Tiempo de retención Hidráulico	12 a 14 horas (según las dimensiones del reactor)
Dimisiones	Reactor cilíndrico horizontal de D=3mts x L=7mts

3.2.8.2.4 Equipos a utilizar

- ❖ Tanque Estructural Cilíndrico
- ❖ Cámara Proceso Anaeróbico
- ❖ Cámara Proceso Aeróbico
- ❖ Coagulación- Floculación
- ❖ Cámara De Decantación
- ❖ Filtro Ascendente FAFA.
- ❖ Cámara De Cloración
- ❖ Colector
- ❖ Trampa De Grasas

3.2.8.2.5 Descripción de Tratamiento

Las plantas de tratamiento de aguas residuales están integradas en una serie de procesos (químicos, físicos y biológicos) para la reducción de los contaminantes de efluente de uso humano e industrial, nuestras plantas tienen una alta eficiencia logrando la reducción de contaminantes hasta de 90% permitiendo su vertimiento en efluentes hídricas cumpliendo con los parámetros de vertimiento por la legislación ambiental vigente.

3.2.8.2.6 Descripción de equipos

A continuación, se expone el funcionamiento de los equipos que integran la PTAR y sus respectivas especificaciones técnicas.

- Tratamiento Biológico

Tanque estructural cilíndrico horizontal fabricado en Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio De Alta Resistencia Mecánica, (flexión y tensión) moldeado, estructura de acero en ángulos de 2" con cuadro capas de (4 a 5 mm) de espesor.

- Cámara Proceso Anaeróbico

Compartimiento No. 1 del tanque para proceso de digestión anaeróbica (Ausencia de Oxígeno) – Incluye 3 m³ de Relleno interno (Biopack en polipropileno de alta densidad) ideal para la proliferación y cultivo del conjunto de bacterias anaeróbicas para degradación rápida materia orgánica

- Cámara Proceso Aeróbico

Compartimiento No. 2 del tanque para proceso de digestión aeróbica (En presencia de oxígeno), en este módulo hay 4 difusores de micro burbujas para oxigenar el agua – Incluye:

- ❖ 1 electro- compresor de 1.5 hp – 2300 rpm - – 1.3 k/w 5 CFM – 140 L/m
- ❖ 2 Rejillas poli difusora de aire – o un Blower de 2HP

- Coagulación- Floculación

Compartimiento No. 3 del tanque para proceso Coagulación y Floculación

En este proceso si es necesario utilizaremos un polímero para mejorar la calidad del efluente degradando hasta un 90% de DBO₅ Y DQO Incluye solo el polímero para el arranque de la operación.

- Cámara De Decantación

Compartimiento No. 4 del tanque para proceso de Sedimentación secundaria – incluye: Sistema laminar tipo colmena (60° de inclinación con respecto a la vertical) de 52 cm de alto x 100 cm de ancho x 300 cm de largo, fabricado en PVC para sedimentación acelerada de los lodos de mayor densidad y floculo de menor tamaño.

- Filtro Ascendente FAFA

Compartimiento No. 5 y 6 del tanque para proceso de sedimentación secundaria; incluye la planta contiene dos filtros de tipo ascendente cargados con arenas sílice, gravas seleccionadas, antracitas y carbón activad

- Cámara De Cloración

En esta fase el agua ya limpia pasa por una cámara de desinfección donde se aplicará hipoclorito de sodio al 6% o más si se requiere para garantizar la optimización del agua eliminando las bacterias y esporas flotantes en el agua.

Las especificaciones técnicas anteriormente mencionadas se detallan de una cotización enviada por la empresa (ECOPLANET, 2016)

3.3 ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

Este estudio en especial, comprende el monto de los recursos económicos necesarios que implica la realización del proyecto previo a su puesta en marcha, así como la determinación del costo total requerido en su periodo de operación. Los objetivos propuestos para el desarrollo de este capítulo son los siguientes:

- ❖ Determinar el monto de inversión total requerida y el tiempo en que será realizada.
- ❖ Llevar a cabo el presupuesto de ingresos y egresos en que incurrirá el proyecto.

3.3.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Si no han existido contratiempos, hasta este punto se sabrá que existe un mercado potencial atractivo; se habrá determinado un lugar óptimo y el tamaño más adecuado para el proyecto, de acuerdo con las restricciones del medio; se conocerá y dominará el proceso de producción, así como todos los costos en que se incurrirá en la etapa productiva; además, se habrá calculado la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto.

3.3.1.1 Método de Mínimo Costo

A partir de la implementación del método “Mínimo Costo” se buscará la tecnología de PTAR que sea más rentable para la empresa; teniendo en cuenta que ambas tecnologías brindan los mismos beneficios ambientales.

Se realizaron unas cotizaciones de construcción e implementación para cada una de las tecnologías de PTAR, para determinar sus costos directos de fabricación; además

se tendrá en cuenta costos de mantenimiento y de operación que garanticen su eficiente funcionamiento luego de haberla construido.

A continuación, en la “*Tabla 3.3.1 Cotización de PTAR SBR*” y la “*Tabla 3.3.2 Cotización de PTAR MBBR*”, se presenta los costos y gastos discriminados en los subgrupos de: Obras civiles, Operación y mantenimiento, Administrativos y PTAR. Lo anterior con el fin de realizar la evaluación económica bajo los mismos parámetros de comparación.

Tabla 3.3.1: Cotización de PTAR SBR

COTIZACIÓN DE LA ALTERNATIVA SBR (OBRAS CIVILES)			
Obras Civiles	Albañilería	\$ 30,000,000.00	\$ 170,000,000.00
	Constr de tanque de homogenización y de bombeo	\$ 100,000,000.00	
	Construcción de lecho de secado	\$ 40,000,000.00	
Operación y Mantenimiento	Costo de izaje para descargues de equipo	\$ 10,000,000.00	\$ 52,400,000.00
	Anclaje y materiales para asegurar los equipos	\$ 25,000,000.00	
	Productos químicos	\$ 10,000,000.00	
	Monitoreo de los procesos y calidad del agua	\$ 4,400,000.00	
	Disposición de lodos	\$ 3,000,000.00	
Administrativos	Mano de obra	\$ 25,000,000.00	\$ 67,835,000.00
	Capacitaciones	\$ 4,500,000.00	
	Otros gastos	\$ 38,335,000.00	
PTAR	Costo de PTAR	\$ 137,592,000.00	\$ 143,092,000.00

	Mantenimiento de PTAR	\$ 5,500,000.00	
SUBTOTAL			\$ 433,327,000.00
I.V.A. %	19%		\$ 82,332,130.00
TOTAL			\$ 515,659,130.00

Fuente: (EDOSPINA, 2016)

COTIZACION DE LA ALTERNATIVA MBBR (OBRAS CIVILES)			
Obras Civiles	Construcción de obras civiles	\$ 250,000,000	\$ 250,000,000.00
Operación y Mantenimiento	Costo de izaje para descargues de equipo	\$ 23,000,000	\$ 57,200,000.00
	Anclaje y materiales para asegurar los equipos	\$ 32,000,000	
	Disposición de lodos	\$ 2,200,000	
Administrativos	Mano de obra	\$ 1,500,000	\$ 53,900,000.00
	Capacitaciones	\$ 2,400,000	
	Otros gastos	\$ 50,000,000	
PTAR	Costo de PTAR	\$ 191,930,000	\$ 197,330,000.00
	Mantenimiento de PTAR	\$ 5,400,000	
SUBTOTAL			\$ 558,430,000.00
I.V.A. %		19%	\$106,101,700.00
TOTAL			\$ 664,531,700.00

Tabla 3.3.2: Cotización de la PTAR MBBR

Fuente: (ECOPLANET, 2016)

Teniendo en cuenta los costos de cada una de las tecnologías se compararán mediante el método de “Mínimo Costo” para determinar cuál sería la mejor opción.

Tabla 3.3.3: Tabla de Mínimo Costo

COSTO MINIMO (TECNOLOGIAS)		
VARIABLES	TECNOLOGIA	
	MBBR	SBR
Obras Civiles	\$ 250.000.000	\$ 170.000.000
Operación y Mantenimiento	\$ 57.200.000	\$ 52.400.000
Administrativos	\$ 53.900.000	\$ 67.835.000
PTAR	\$ 197.330.000	\$ 143.092.000
SUBTOTAL	\$ 558.430.000	\$ 433.327.000
I.V.A. %	\$ 106.101.700	\$ 82.332.130
TOTAL	\$ 664.531.700	\$ 515.659.130

Fuente: Autores

La tecnología de PTAR-SBR con un costo de implementación de \$ 515.659.130 es la alternativa más rentable para COTECMAR según la implementación del método de Mínimo costo al compararla con la tecnología de PTAR-MBBR la cual dio un total de \$ 664.531.700, existiendo una diferencia económica de \$ 148.872.470 entre los costos de las tecnologías. Cabe resaltar que en esta diferencia se incluyen los costos de operación y mantenimiento.

3.3.2 INVERSIÓN EN PTAR-SBR VS MULTAS POR INCUMPLIMIENTO AMBIENTAL

Se realizará una comparación en base a la vida útil de la PTAR (40 años), proyectando los costos y determinar la rentabilidad al recurrir a su implementación.

Tabla 3.3.4: Costos de PTAR SBR vs Multas anuales

TIPO DE COSTO	VALOR
---------------	-------

Costo de implementación PTAR SBR	\$ 515,659,130
Costo de Mantenimiento PTAR / Año	\$ 2,000,000
Costo Operación PTAR / Año	\$ 24,000,000
Costo de multa por incumplimiento ambiental / Año	\$ 245,000,000

Tabla 3.3.5: Proyección anual de costos PTAR-SBR

PROYECCION ANUAL DE COSTOS PTAR-SBR					
COSTO	AÑO				
	2017	2027	2037	2047	2057
Costo de Mantenimiento PTAR (\$ 2.000.000 AÑO)	\$ 2,000,000	\$ 20,000,000	\$ 40,000,000	\$ 60,000,000	\$ 80,000,000
Costo Operación PTAR (\$ 24.000.000 AÑO)	\$ 24,000,000	\$ 240,000,000	\$ 480,000,000	\$ 720,000,000	\$ 960,000,000
Costo implementación de PTAR-SBR (FIJO)	\$ 515,659,130	\$ 515,659,130	\$ 515,659,130	\$ 515,659,130	\$ 515,659,130
COSTO FIJO + VARIACION DE COSTOS PTAR	\$ 541,659,130	\$ 775,659,130	\$ 1,035,659,130	\$ 1,295,659,130	\$ 1,555,659,130

Fuente: Autores

Tabla 3.3.6: Proyección de Multa Ambiental

PROYECCION MULTA POR INCUMPLIMIENTO AMBIENTAL				
COSTO	2017	2027	2037	2047
COSTO DE MULTA / AÑO (\$245.000.000)	\$ 245,000,000	\$ 2,450,000,000	\$ 7,350,000,000	\$ 9,800,000,000

Fuente: Autores

En 40 años la inversión total del PTAR-SBR será de \$1.555.659.130 incluyendo en este valor, el costo fijo de implementación del PTAR, los costos de mantenimiento y operación que garantizaran su funcionamiento en ese tiempo; este valor en comparación con el dinero acumulado en multas en 40 años tiene una diferencia positiva para la empresa de \$ 8,244,340,870 demostrando económicamente que es más rentable recurrir a una PTAR que asumir los costos de las multas por incumplimiento ambiental.

3.4 ESTUDIO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

Para el tratamiento de las aguas residuales existen diversos procesos y operaciones unitarias, con una adecuada selección y combinación, puede resolver la mayoría de las necesidades de disposición final o reaprovechamiento de los vertimientos.

Este estudio está enfocado en las tecnologías de sistemas de Lodos Activados (SBR) Y Tratamiento Biológico (MBBR), la selección de productos es un paso vital en el tratamiento de aguas. Al tener varios procesos unitarios de tratamiento necesitamos que todos funcionen a la perfección y para esto es importante seleccionar los productos ideales, que se acoplen a nuestras necesidades.

3.4.1 ESTUDIO DE BENCHMARKING EN EMPRESAS DEL ENTORNO CON PROBLEMÁTICA SIMILAR

El Benchmarking es una técnica usada para establecer metas y objetivos efectivos para llegar a ser o para mantenerse competitivo, basada principalmente en la comparación de aspectos específicos o generales (procesos, metodologías, estrategias o cualquier otro aspecto), con otras empresas o instituciones sean o no de la misma rama de actividad, competitivas o no.

El propósito de la implementación de esta estrategia es buscar e identificar las mejores prácticas de cada una de las empresas del entorno estudiadas, para así ayudar a definir la viabilidad de la tecnología con mejor practica apropiada y mejor desempeño en el ámbito técnico.

El sector Mamonal genera una de las principales actividades económicas de la ciudad que es la industria, la cual aporta aproximadamente un 38% de la producción total de la ciudad y genera un 10% del total de puestos de trabajo.

Cartagena cuenta con importantes subsectores industriales como el de fabricación de sustancias químicas, productos derivados de la refinación de petróleo y la industria manufacturera, sector que genera un impacto positivo en la economía local, como la introducción de tecnologías modernas, el entrenamiento de personal calificado, remuneraciones altas para dichos trabajadores, concentración de mano de obra calificada y cierta demanda de diferentes sectores productivos y de servicios.

A pesar de todas las ventajas mencionadas anteriormente, Mamonal posee una desventaja que es el no tener alcantarillado público, por ende, al ser un sector con alto movimiento y cantidad de personal laborando; la producción de aguas residuales domésticas es alta. Lo que conlleva a que las empresas del sector se comprometan con el Políticas ambientales, desarrollando procesos para el tratamiento a las aguas residuales domésticas y de esta forma cumpliendo con la normatividad vigente establecida por el gobierno nacional.

COTECMAR al igual que las empresas AJOVER, ExxonMobil, y Malteria Tropical (Imagen 3.4.1); se encuentra ubicada en el sector de Mamonal en el Km 9. Al igual que las empresas vecinas cuentan con la misma problemática. Por tal motivo se les solicito la participación en el estudio de la estrategia Benchmarking a tres (3) empresas del entorno para obtener las mejores prácticas de cada una para la posible implementación de la nueva PTAR.

Imagen 3.4.1: Mapa de empresas de estudio Benchmarking



Fuente: (Google Maps, 2017)

3.4.1.1 Empresas participantes en el estudio Benchmarking

3.4.1.1.1 AJOVER S.A.S.

Es un grupo de Corporaciones manufactureras líderes a nivel mundial en productos petroquímicos, productos para el sector de la construcción y productos para empaque, el cual se ha destacado por su constante innovación y desarrollo de nuevos productos siempre enfocados en mejorar la calidad de vida de sus clientes. La cual se encuentra ubicada en Mamonal en Km 10.

En el caso de AJOVER S.A, se cuenta con una PTAR diseñada para recibir 96 m³/día de aguas residuales generadas en los baños, cafeterías y todo tipo de desagüe domésticos de cada una de las plantas pertenecientes a la empresa. Donde se cuenta con una población estimada de 1000 personas.

La PTAR está compuesta por un tanque receptor, 6 sedimentadores, una bomba sumergible helicoidal, dos blowers (uno operando y el otro en stand by), 1 bomba de succión de lodos y 2 bombas de recirculación (una operando y el otro en stand by). Además, cuenta con un extractor eólico, que está colocado en el extremo de la tubería de evacuación de gases por encima de la caseta de equipos, sobre un filtro de carbón activado.

La labor de operación de la planta se adelanta en muy poco tiempo por un operario al día, quien debe estar capacitado para operar equipos menores, bajo las normas y mejores prácticas de seguridad establecidas por la empresa.

De acuerdo con el último monitoreo de vertimientos realizado por la Corporación Autónoma Regional del Canal de Dique (CARDIQUE), el vertimiento maneja las siguientes características (ver Tabla 3.4.1) y los parámetros analizados son. (Ver Tabla 3.4.2)

Tabla 3.4.1: Parámetros de Vertimiento AJOVER S.A.S

Variable	Resultados
pH	7,93 Unidades
Temperatura	28,86 °C
DBO	21,38 mg O ₂ /L
SST	23,20 mg / L
Aceites y grasas	0
Caudal	0,37 L/s

Fuente: (AJOVER S.A.S, 2016)

Tabla 3.4.2: Caracterización de Aguas Residuales de AJOVER S.A.S

Fecha De Recolección	Noviembre De 2016		Remoción Del Sistema (%)	Valor De Referencia Dec 1594- 1984 (Usuarios Nuevos)	Cumplimiento
PUNTO DE MUESTREO	RESULTADO Kg/DIA				
	Entrada	Salida			
DBO5 Kg/DIA	17,661	1,185	93,29	>80% EN REMOCION	CUMPLE
Solidos suspendidos Totales Kg/día	39,88	1,068	97,32	>80% EN REMOCION	CUMPLE
Grasas y/o aceites Kg/DIA	2,726	----	>80	>80% EN REMOCION	CUMPLE

Fuente: (AJOVER S.A.S, 2016)

De acuerdo a lo anterior se puede observar que la empresa cumple con las normas de vertimientos.

3.4.1.1.2 ExxonMobil

Es una empresa que tiene como actividad la explotación, elaboración y comercialización de productos petroleros y gas natural, así como la fabricación de productos químicos, plásticos y fertilizantes. Se encuentra ubicada en Km 11, Cr. A Mamonal. Para el tratamiento de las aguas residuales domésticas ExxonMobil, utiliza el sistema MBBR, el cual se trata de un tipo de tratamiento mediante la tecnología de lecho fluidizado. En este sistema un relleno de soporte plástico sirve para el desarrollo adherido de biomasa nitrificante que, junto con los fangos activos y su biomasa heterótrofa en suspensión. Este sistema permita una mayor estabilidad del fango respecto a los sistemas convencionales debido al incremento de biomasa activo. En la zona anóxica se produce la des nitrificación utilizando la DBO₅ del influente. La cámara 2 opera mediante fango activo para eliminar la parte de DBO₅ restante. Y por último la cámara 3 opera como IFAS, combinando fangos activos y crecimiento adherido, mientras se airea el fango para mantener una baja relación F/M y la nitrificación se lleva

a cabo en la biomasa adherida. Según el último análisis realizado por la IDEAM los resultados se muestran en la Tabla 3.4.3 y Tabla 3.4.4.

Tabla 3.4.3: Parámetros de variables ExxonMobil

Variable	Resultados
pH (Unidades)	7,43
Temperatura (°C)	30,6
DBO mg O ₂ /L	189
SST mg / L	96
Aceites y grasas mg / L	16
Caudal L/s	0,14

Fuente: (ExxonMobil, 2016)

Tabla 3.4.4: Caracterización de aguas residuales de ExxonMobil

	Fecha De Recolección noviembre De 2016		Remoción Del Sistema (%)	Valor De Referencia Dec 1594- 1984 (Usuarios Nuevos)	Cumplimiento
Punto De Muestreo	RESULTADO Kg/DIA				
	Entrada	Salida			
DBO ₅ Kg/Día	2,08	0,21	90,06	> 80 % EN REMOCION	CUMPLE
Solidos suspendidos Totales Kg/día	0,32	0	100	> 80 % EN REMOCION	CUMPLE
Grasas y/o aceites Kg/DIA	6,22	0,13	97,94	> 80 % EN REMOCION	CUMPLE

Fuente: (ExxonMobil, 2016)

De acuerdo a lo anterior se puede observar que la empresa cumple con las normas de vertimientos.

3.4.1.1.3 Malteria Tropical

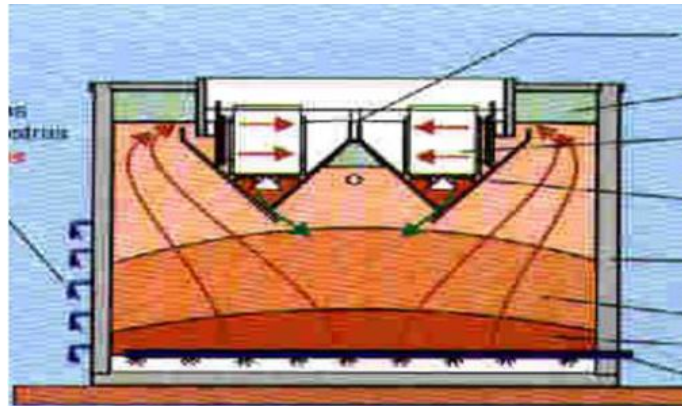
Es una empresa que se encarga de importar, almacenar y transformar diferentes materias primas para los procesos productivos de Bavaria, especialmente para su industria cervecera, como son la cebada para elaboración de malta y otros cereales como el maíz para elaboración de adjuntos. Está ubicada en el sector industrial de Mamonal Km 14 Vía A Pasacaballos, en Cartagena.

Para el tratamiento de los residuos líquidos producto de la actividad doméstica de la planta, Malteria Tropical cuenta con una Planta de reactores anaerobios de flujo ascendentes (UASB) para el tratamiento de las Aguas Residuales domésticas. Esta PTAR está compuesta por varios procesos como lo son:

- ❖ Tratamiento primario: Este sistema garantiza que las etapas posteriores no tendrán afectaciones asociadas a materiales sólidos externos dentro de los tanques de trabajo.
- ❖ Tratamiento secundario: tiene como objetivo la remoción de carga orgánica (DBO_5 y DQO), en este proceso incurre el Reactor anaerobio los cuales son de al son del tipo manto de lodos UASB.

El funcionamiento, consiste en ingresar al reactor, por la parte inferior, las aguas previamente acidificadas y neutralizadas (pH entre 6,8 y 7,2), a través de los distribuidores en forma de “U” perforado. Las aguas distribuidas uniformemente atraviesan un manto de lodos, compuesto por una serie de microorganismos, principalmente acetogénicos y metanogénicos. El siguiente es un esquema de un reactor anaerobio y se muestra Imagen 3.4.2.

Imagen 3.4.2: Esquema de Reactor Anaerobio



Fuente: (Letón Garcia et al, 2006)

Las aguas clarificadas se recolectan en unas canaletas que envían el agua hacia la columna selectora o la caja de salida de agua del reactor. Los parámetros de control se relacionan en la Tabla 3.4.5 y Tabla 3.4.6:

Tabla 3.4.5: Parámetros de Variables Malteria Tropical

Variable	Resultados
pH	7,29 Unidades
Temperatura	28,7 °C
DBO	21,80 mg/L
SST	19,60 mg / L
Aceites y grasas	21,78 mg/L
Caudal	2,29 L/s

Fuente: (Malteria Tropical, 2016)

Tabla 3.4.6: Caracterización de Aguas Residuales Malteria Tropical

Fecha De Recolección	Noviembre De 2016		Remoción Del Sistema (%)	Valor De Referencia Dec 1594- 1984 (Usuarios Nuevos)	Cumplimiento
Punto De Muestreo	RESULTADO Kg/DIA				
	Entrada	Salida			
DBO ₅ Kg/Día	61,93	4,30	93,05%	> 80 % EN REMOCION	CUMPLE
Solidos suspendidos Totales Kg/día	30,57	4,94	83,85	> 80 % EN REMOCION	CUMPLE
Grasas y/o aceites Kg/DIA	29,86	3,95	86,77%	> 80 % EN REMOCION	CUMPLE

Fuente: (Malteria Tropical, 2016)

De acuerdo a lo anterior se puede observar que la empresa cumple con las normas de vertimientos.

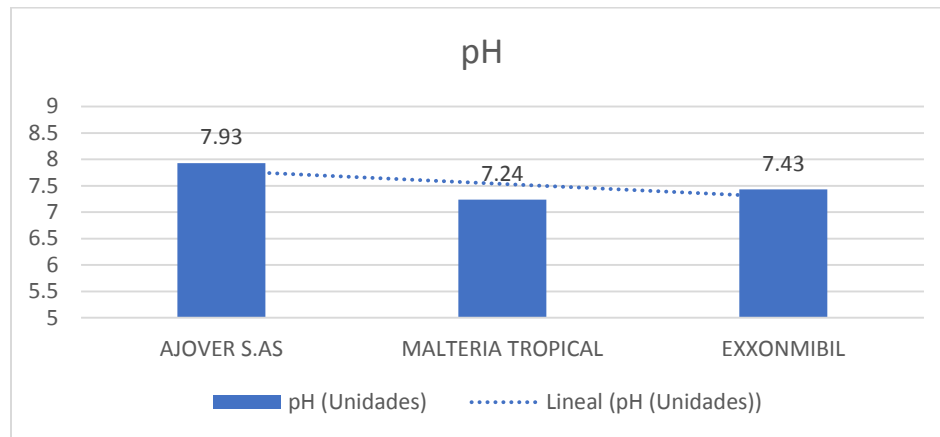
3.4.1.2 Análisis De La Estrategia

En el estudio de benchmarking, se realizaron una serie de encuestas (ver Anexo No.4) a las distintas empresas estudiadas (AJOVER S.A.S, ExxonMobil y Malteria Tropical) con el objetivo de recolectar datos e información para llegar a un análisis final, el cual nos va arrojar resultados que nos ayuden a identificar las mejores prácticas que tiene cada una de ella y asimismo tener presentes las desviaciones o desventajas que se pueden presentar. Para ello se tomaron como indicadores comparativos las referencias de pH, DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno), SST (Solidos Totales Suspendidos) y Aceites y grasas, las cuales se encuentran citadas en el Art.72 del decreto 1594 del 1984, al mismo tiempo se tomó como indicador el tamaño del caudal generado versus la capacidad de caudal de diseño de cada una de las PTAR.

A continuación, se van a mostrar una serie de Gráficas (3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 y 3.4.4) donde se evidencia el comportamiento de cada uno de los indicadores escogidos con respecto a los sistemas de tratamiento de agua residual domésticas utilizado por cada una de empresas en estudio (AJOVER S.A.S, ExxonMobil y Malteria Tropical).

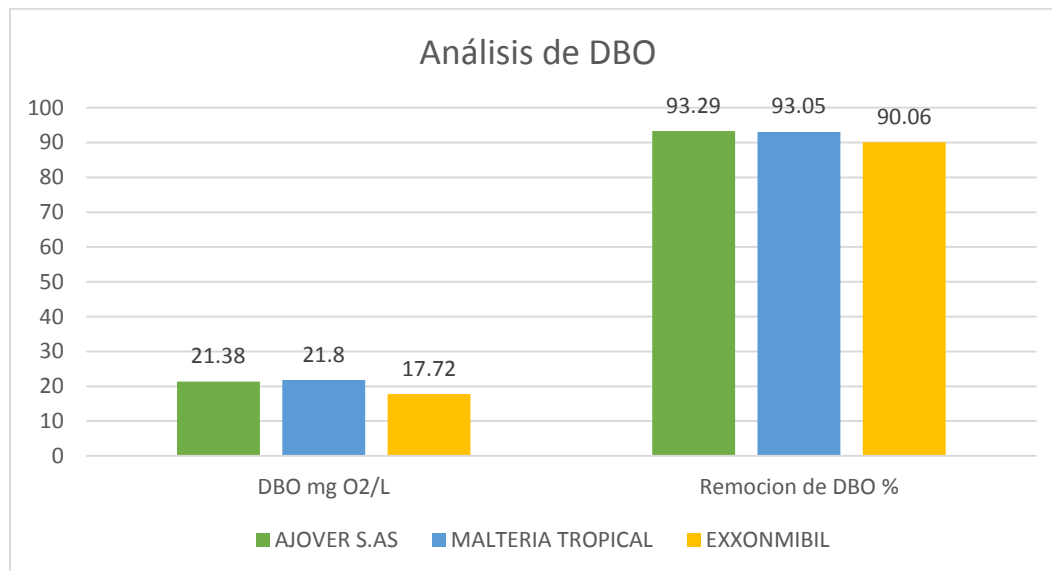
Especificación de pH: 5 a 9 unidades

Gráfica 3.4.1: pH de empresas de estudio



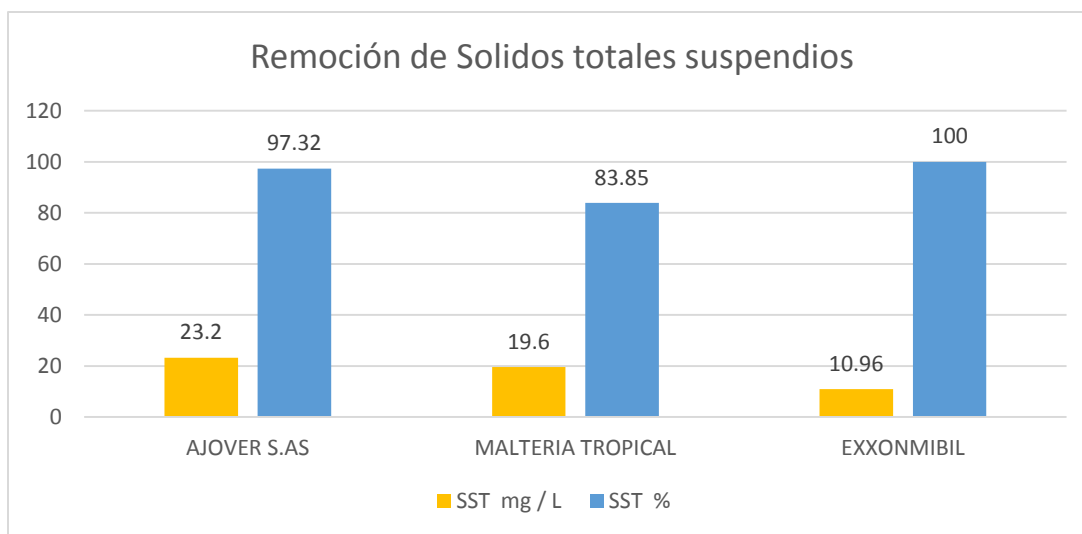
Especificación de DBO₅: Mayor o igual al 80% de remoción

Gráfica 3.4.2: Porcentaje de remoción de la DBO₅ de empresas de estudio



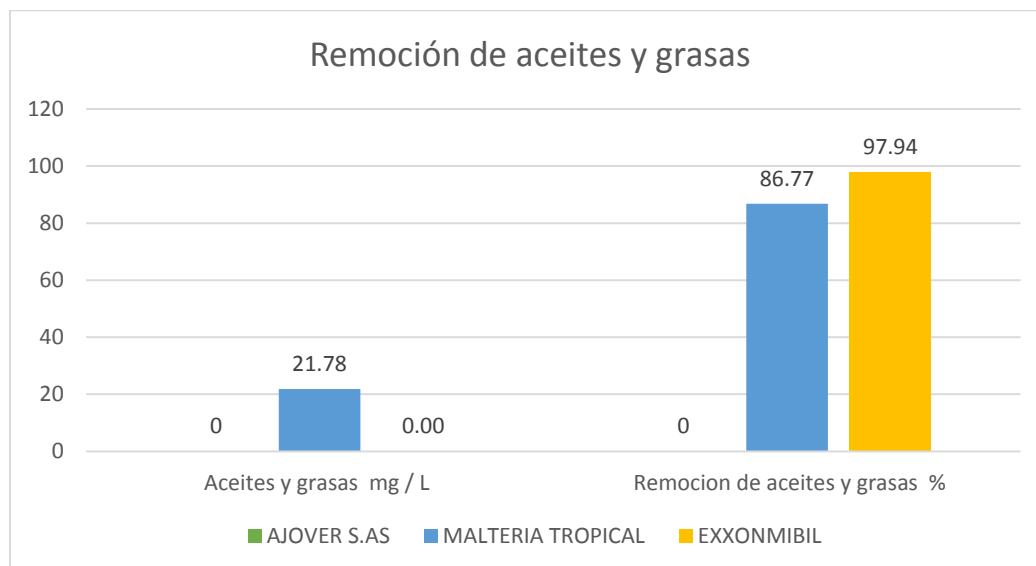
Especificación de SST: Mayor o igual al 80% de remoción

Gráfica 3.4.3: Porcentaje de remoción de los SST de empresas de estudio



Especificación de Aceites y Grasas: Mayor o igual al 80% de remoción

Gráfica 3.4.4: Remoción de Aceites y grasas de empresas de estudio



La caracterización de las aguas residuales domésticas, son el principal requisito que exigen los entes controladores, ya que es allí donde se ve reflejado el cumplimiento o incumplimiento de los parámetros establecidos en la normatividad vigente, por ende de acuerdo a los resultados de dicho requisito será generado el permiso de vertimiento.

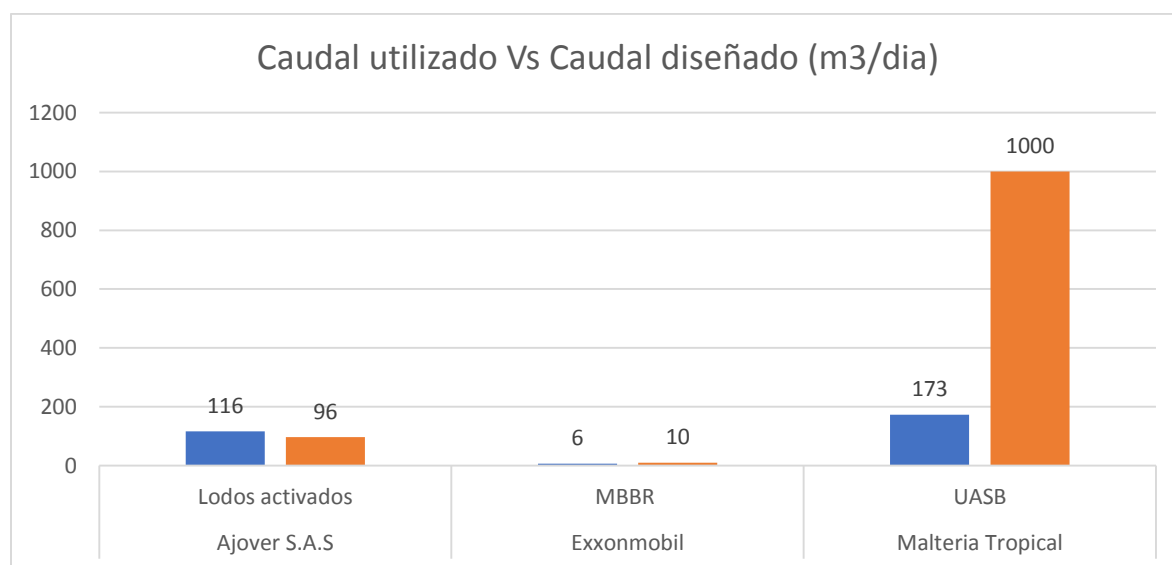
En conclusión a esta recolección de datos e información obtenida se refleja en las gráficas anteriores que los parámetros de cumplimiento nos muestran de forma general que las tres (3) empresas (AJOVER S.A.S, ExxonMobil y Malteria Tropical) dan cumplimiento a la norma de vertimiento vigente, como lo es en el caso del indicador del pH (ver Gráfica 3.4.1); donde todas las empresas se encuentran en un punto óptimo de acuerdo a las especificaciones establecidas que es de 5 a 9 unidades (Ver Tabla 2.3.2).

La remoción de DBO_5 (demanda bioquímica de oxígeno), SST (solidos totales suspendidos) y Aceites y grasas, son los parámetros especificados en la caracterización que genera las pruebas o muestras analizadas de laboratorio, en la cantidad de remoción (ver Gráficas 3.4.2, 3.4.3 y 3.4.4), donde evidentemente todas cumplen ya que se encuentran por encima de lo especificado. (Ver Tabla 2.3.2).

Sin embargo, podemos analizar que en la remoción de SST AJOVER S.A.S y ExxonMobil obtienen unos resultados altos, mientras que Malteria Tropical se encuentra con el 3,85% cerca al límite de remoción. Para el caso del porcentaje de remoción de los aceites y grasas, donde se analiza que AJOVER no remueve aceites y grasas; mientras que ExxonMobil y Malteria Tropical si lo hacen. En el proceso de ExxonMobil remueve el 100% de lo que genera de grasas y aceites, mientras que Malteria Tropical está al 6% del límite establecido por la normatividad vigente. Por ende lanza una alerta de control y análisis para la busca de posibles soluciones para mejorar el proceso. Ya que en cualquier momento ese rango puede variar y generar incumplimiento en la norma.

La Gráfica 3.5.5, presenta el caudal utilizado por cada una de las empresas vs el caudal de diseño de la PTAR, la cual nos indica que la planta AJOVER tiene un sobreconsumo del 20% de lo diseñado, mientras que ExxonMobil tiene un consumo del 60%, lo que es un buen valor y por ultimo tenemos a Malteria Tropical con un consumo del 17,3% lo que es un resultado insatisfactorio.

Gráfica 3.4.5: Caudal Utilizado vs Caudal diseñado (m³/día)



3.4.1.3 Resultados Benchmarking

La implementación de la estrategia del Benchmarking fue muy interesante e importante para el proyecto, porque gracias a ella logramos identificar un indicador muy importante para selección de la tecnología más apropiada, como lo es el caso del caudal, ya que tenemos que tener muy claro el nivel del caudal que se va a manejar tanto en el presente como en el futuro, por ende nos va ayudar a saber la capacidad de caudal de diseño que tiene tener la PTAR seleccionada.

Analizando todos los datos y resultados obtenidos podemos concluir que en general todas las empresas cumplen con los indicadores que exige de la normatividad vigente, que es uno de los principales objetivos del proyecto. En cuanto a la eficiencia de la utilización de la PTAR de cada una de las empresas estudiadas se da a conocer lo siguiente.

AJOVER S.A.S es una empresa que esta sobrepasada a la capacidad del caudal de diseño, ya que de acuerdo a las evidencias se excede el 20%, lo que indica que para el proyecto a la hora de selección de la tecnología tenemos que tener un rango de desviación y tener en cuenta las proyecciones futuras. Lo que recomienda

evidentemente para AJOVER S.A.S que tenga en cuenta una posible expansión o creación de una nueva PTAR ya sea con más tecnología o capacidad para su caudal y tener en cuenta sus proyecciones futuras y realizar un plan de contingencia cada vez que sobrepase la capacidad del caudal, ya que si esto se vuelve muy recurrente los parámetros de control pueden tomar desviaciones e incumplir con las especificaciones de la normatividad vigente.

En el caso de ExxonMobil es una empresa que fue muy acertada y eficiente a la hora de escoger la tecnología utilizada, ya que tiene un 40% de disponibilidad para su futuro crecimiento, de la misma manera le da cumplimiento a todos los parámetros relacionados en la norma de vertimientos vigente.

Por último tenemos a Malteria Tropical que es una empresa que no fue muy acertada a la hora de escoger ya sea la tecnología o el tamaño de la PTAR, esto se deduce ya que tiene una capacidad de diseño bastante alta y poca utilidad de la misma (17,3%) de la capacidad de la PTAR; se sugiere a la empresa la evaluación y estudio de alternativa a utilizar un (1) reactor anaerobio el cual tiene la capacidad de 500 m³/día y dejar el otro reactor con la misma capacidad en stand-by, ya que aumentaría el 34,6 % de utilidad y con estos bajaría costos de energía y de materias primas.

Este informe ayuda a crear una especificación en la selección de la tecnología más apropiada, como es la eficiencia en la utilización de la PTAR que va hacer del 40% de diferencia entre el caudal de diseño y el caudal generado actualmente, es decir el caudal actualmente total generado de todos los pozos sépticos es de 49,62 m³/día, por ende la especificación mínima de la PTAR tiene el rango (+/- 10 m³/día) de 70 m³/día. Este rango fue escogido, partiendo desde el punto de vista que COTECMAR tiene muchas proyecciones de crecimiento, esto ayudaría a tener una mayor estabilidad en los parámetros de la norma de vertimiento. Como lo es el claro ejemplo de ExxonMobil.

3.4.2 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGIAS (SBR Y MBBR)

El estudio comparativo consiste en identificar las características técnicas, económicas, generales y comerciales de las dos tecnologías definidas (SBR – MBBR), con el fin obtener argumentos objetivos para la selección de la Tecnología más apropiada.

3.4.2.1 Comparación Técnica de las dos tecnologías.

En esta comparación técnica se toman como referencia las características de mayor consideración como son las capacidades de diseño y materiales a utilizar, así mismo, podemos identificar las restricciones significativas (en caso de que existieran) que impidan su instalación. Esta Tabla ofrece información de valor para apoyar la toma de decisión de la tecnología apropiada.

Tabla 3.4.7: Comparación Técnica de las dos tecnologías

DESCRIPCIÓN Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTAR)	SBR	MBBR
TECNOLOGIA	SBR	MBBR
CONDICIONES DE DISEÑO Y OPERACIÓN		
Fluido: Aguas Residuales	SI	SI
Capacidad m³/día (70 m³/día)	63,8 m³/día	86,3 m³/día
Voltaje (VAC)	110	110
CONDICIONES DE INSTALACIÓN		
Instalación Interior	SI	SI
Interconexión Hidráulica	SI	SI
MATERIALES Y PESOS		
Material	Lámina de acero al carbón A283 GRC o similar.	Poliéster reforzado fibra de vidrio y acero de 2"
Peso de operación	73 ton aprox.	No informa
Incorporará así mismo:		
Tiempo de vida Útil	No informa	40 años
Tiempo de estabilidad del proceso (Menor a 30 días)	SI	SI
Porcentaje de remoción (mayor a 80%)	SI	SI

De acuerdo a la información mencionada en la Tabla 3.4.7, se concluye que las dos tecnologías cumplen simultáneamente los requerimientos de COTECMAR, y no existen limitaciones en infraestructura o espacio que impidan su instalación. Sin embargo, se resalta que la tecnología MBBR tiene una capacidad del 22% por encima a la requerida por la corporación. Este sobredimensionamiento el cual está por encima del límite superior, aun con el estimado del 25% para ampliación, puede ocasionar un bajo rendimiento del equipo causado por un trabajar por debajo de su curva de operación y diseño. Adicionalmente este sobredimensionamiento afecta directamente los costos de operación y mantenimiento.

3.4.2.2 Comparación General de las dos tecnologías.

La comparación general de las dos tecnologías (SBR-MBBR), tienen como principal objetivo comparar y evaluar cada uno de los aspectos más relevantes en forma general para contribuir en la selección final de la tecnología escogida.

Tabla 3.4.8: Comparación General de las dos tecnologías

DESCRIPCIÓN	SBR	MBBR
EQUIPO		
El equipo total debe contar mínimo, con los siguientes componentes:		
Capacidad de caudal de 60 m ³ /día a 80 m ³ /día	CUMPLE	ENCIMA DE LO ESPECIFICADO
Totalidad de accesorios para garantizar su funcionamiento	CUMPLE	CUMPLE
Calidad		
Garantía del cumplimiento de la remoción del efluente estipuladas en la normatividad vigente	SI	SI
Año de fabricación		
El equipo y sus componentes deben ser nuevos y sin uso previo, originales de fábrica y de último año de fabricación	SI	SI

Transporte		
El equipo debe ser de fácil transporte, el proveedor debe asumir el costo del transporte del equipo a Cartagena - bolívar	SI	SI
Garantía técnica		
Debe ser mínimo de 12 meses	SI	SI

Fuente: Autores

Conforme a lo descrito en la Tabla 3.4.8, se analiza que las dos tecnologías en aspectos generales se encuentran similares, lo que contribuye a tener en cuenta otros aspectos para realizar la selección.

3.4.2.3 Comparación Económica de las dos tecnologías.

A continuación, se muestra en forma puntual el valor total de la PTAR, sin tener en cuenta los gastos de instalación, mano de obra, transporte, etc.

Tabla 3.4.9: Comparación Económica de las dos tecnologías

I T E M	Cant	SBR		MBBR	
		Valor unitario	Valor total	Valor unitario	Valor total
PTAR	1	\$ 137.592.000	\$ 137.592.000	\$ 191.930.000	\$ 191.930.000
ACCESORIOS DE PTAR	1	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
TRANSPORTE	1	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
Subtotal			\$ 137.592.000		\$ 191.930.000
TOTAL OFERTA			\$ 137.592.000		\$ 191.930.000
Tiempo de entrega		60-80 días		30 - 60 días	

La Fuente: Autores

Teniendo en cuenta los valores en la Tabla 3.4.9, Comparación Económica, se puede observar que la tecnología SBR tiene menor costo que la tecnología MBBR con una diferencia de \$ 54.338.000.

Adicionalmente se observa que la tecnología MBBR tiene un menor tiempo de entrega del sistema, lo cual no es considerado relevante o alto impacto ya que los 80 días que ofrece la tecnología SBR, se encuentran dentro del tiempo estimado para el proyecto, lo cual haría viable la entrega durante la presente vigencia.

3.4.2.4 Comparación Comercial de las dos tecnologías.

La comparación comercial consiste en identificar los aspectos comerciales tanto como, fecha de entrega, modo de pago entre otros, servicios y beneficios que nos ofrece el fabricante.

Tabla 3.4.10: Comparación Comercial de las dos tecnologías

ITEM	SBR	MBBR
Asesoría para el correcto montaje de la PTAR	INCLUIDO	Sin costo y durante todo el proceso
Arranque inicial y puesta en marcha del equipo.	El arranque y puesta en marcha se realiza por parte de nuestros técnicos (costo incluido)	INCLUIDO
Capacitación a los operarios en el manejo y operación del equipo	INCLUIDO	INCLUIDO
Garantía	1 año	1 año por defectos de fabricación y 6 meses en componentes eléctricos
Recomendaciones para el adecuado manejo de la PTAR	INCLUIDO	INCLUIDO
Manuales de instrucciones y partes.	INCLUIDO	INCLUIDO
Forma de pago	50% Como anticipo 40% Antes del despacho de los equipos 10% Contra montaje de los equipos en las instalaciones del cliente.	50% una vez se suscriba el contrato 30% por avance de instalación 20% cuando se ponga en marcha la PTAR
Tiempo de entrega	60-80 días	30 - 60 días
Sitio de entrega	Instalaciones de Cartagena, montado en plataforma de camión.	Instalaciones de Cartagena, montado en plataforma de camión.

De la tabla 3.4.10, se concluye que ambas tecnologías en lo referente a la comparación comercial, ofrecen servicios y beneficios equivalentes, excepto en el requerimiento de la garantía donde la tecnología MBBR ofrece 6 meses adicionales en componentes eléctricos.

De acuerdo a lo desarrollado en el capítulo, teniendo como referencia las ventajas, desventajas, diferencias, estudio de benchmarking y el análisis comparativo de las tablas anteriores podemos evidenciar que la tecnología SBR se adapta de mejor manera a las necesidades de la corporación por las siguientes consideraciones:

- a. La implementación de esta tecnología requiere un costo que se ajusta al presupuesto asignado
- b. El tiempo de entrega, instalación y estabilización se encuentran dentro del tiempo estimado, siendo viable, su operación en el presente periodo administrativo.
- c. Los costos de operación y mantenimiento son menores a los ofrecidos por la otra tecnología, debido a la posibilidad de diseñar una PTAR para las condiciones y capacidades actuales con la posibilidad de ampliación sin deterioro inicialmente instalado.
- d. El conocimiento requerido para la operación y mantenimiento de la tecnología MBBR es más compleja ya que sus equipos requieren mayor capacitación y se recomienda el entrenamiento de un personal fijo. Cabe resaltar que debido a la naturaleza del negocio esta solicitud de capacitación es poco probable por la alta rotación del personal técnico lo cuales laboran sobre el esquema de proyectos.
- e. Se observa que la Tecnología MBBR no es viable ajustarla a las capacidades nominales actuales de la corporación generando un sobredimensionamiento que se traduce en mayor costo de operación y mantenimiento.

- f. El estudio de benchmarking arrojó que el sector existen diferentes alternativas de tecnologías y todas cumplen con el requerimiento legal, sin embargo, la relación de retorno de la inversión se evidencia mejor en las empresas que tienen instalado sistemas de SBR, ya que los costos de suministro e instalación son menores.
- g. Es de alto impacto económico diseñar y dimensionar de manera adecuada la PTAR teniendo en cuenta que una mala caracterización de las aguas podría ocasionar un alto impacto negativo, al verse con la necesidad de reprogramar todos los recursos invertidos.

Teniendo en cuenta los argumentos anteriores se recomienda ponderar los criterios de selección para la selección de la mejor alternativa. En el siguiente capítulo se presenta una metodología para la selección de la tecnología

CAPITULO 4: VALIDACION

Se considera muy importante que cualquier proceso de investigación esté alineado a las necesidades reales del sector (Eco, 2000), por ello es necesario conocer y considerar las inquietudes, opiniones y tendencias de los profesionales del sector sobre el cual se desarrolla el trabajo (Gonzales y Padilla, 1999).

La validación de resultados tiene como fin determinar la tecnología más apropiada para la empresa COTECMAR, por lo cual se adoptó un modelo de evaluación técnico económica que garantizará que el método seleccionado de tratamiento de aguas será el más conveniente para la Corporación; Con el modelo utilizado se ponderarán las distintas variables de cada tecnología con el fin de escoger la que tenga el resultado mayor.

4.1 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

La selección de la tecnología más apropiada consta en la calificación que se le dio a cada uno de los estudios realizados en el proyecto de investigación, tales como el estudio técnico, estudio económico, estudio legal y el impacto ambiental posible que puedan generar cada una de las alternativas. La ponderación máxima del proyecto es del 100%, a continuación, se muestra en la Tabla 4.1.1, la división de la puntuación para cada uno de los sectores:

Tabla 4.1.1: Ponderación de aspectos a evaluar

DESCRIPCION	PORCENTAJE (%)
ESTUDIO TECNICO	30
ESTUDIO ECONOMICO	30
CUMPLIMIENTO LEGAL	30
IMPACTO AMBIENTAL	10
TOTAL	100

Para la ponderación de la parte técnica se tuvieron cuatro especificaciones importantes, primero la capacidad del caudal de la planta, segundo la duración de estabilidad del proceso una vez instalada la PTAR, tercero la garantía técnica brindada por la empresa fabricante y por último el reconocimiento de la marca en el mercado. De acuerdo la Tabla 4.1.2 la puntuación del estudio técnico es de 30 puntos, lo que a su vez para cada una de las especificaciones establecidas el valor máximo es de 7,5 puntos. A continuación, se muestra la puntuación brindada para cada una de las especificaciones definidas para selección del estudio técnico.

Tabla 4.1.2: Resultados de Estudio Técnico

ALTERNATIVAS / DESCRIPCION	SBR	MBBR
Capacidad del caudal (m³/DIA)	7.4	5.0
Tiempo de estabilidad del proceso (DIAS)	6.2	7.5
Garantía Técnica (AÑO)	7.5	7.5
Reconocimiento de Marca	7.5	5.5
TOTAL	28.5	25.5
% DE CUMPLIMIENTO	95%	85%

De acuerdo a la Tabla 4.1.2, la tecnología más apropiada en el estudio técnico es la de lodos activados (SBR), ya que obtiene un 95 % de cumplimiento de acuerdo a las especificaciones establecidas.

En el estudio económico se aplicó el método del mínimo costo, en el cual se obtuvo como resultado la tecnología SBR, a continuación, se muestra una relación de costos de las dos tecnologías.

Tabla 4.1.3: Resultado de Estudio Económico

ALTERNATIVAS / DESCRIPCION	SBR	MBBR
COSTO DE PTAR	\$ 515,659,130.00	\$ 664,531,700.00
PRESUPUESTO	\$ 665,582,000.00	\$ 665,582,000.00
DIFERENCIA	\$ 149,922,870.00	\$ 1,050,300.00

% EXCEDENTE	22.5%	0.02%
--------------------	--------------	--------------

De acuerdo a lo anterior se analiza que la tecnología más apropiada para realizar el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas para la empresa COTECMAR es la de lodos activados (SBR), teniendo en cuenta la diferencia entre el presupuesto establecido y el costo de la misma dejando 22,5 % del presupuesto para posibles mejoras al sistema o imprevistos en la obra.

Para el estudio legal la ponderación dada fue de 30 puntos, la cual se toma como referencia el porcentaje de remoción de carga contaminante que es del 80%, en la Tabla 4.1.4 se muestra la puntuación para cada una de las tecnologías estudiadas.

Tabla 4.1.4: Resultados de la Ponderación Marco Legal

ALTERNATIVAS / DESCRIPCION	SBR	MBBR
% DE REMOCION	30.0	30.0
TOTAL	30.0	30.0
% DE CUMPLIMIENTO	100%	100%

De lo anterior se concluye que las dos alternativas de plantas de tratamientos de agua residual domésticas cumplen el 100% de acuerdo a la normatividad vigente legal.

En el impacto ambiental se analizó y se dio como determinación que ninguna de las alternativas generaría un impacto ambiental al momento de ser implementadas por la empresa COTECMAR, por ende, se le suman los 10 puntos a cada una.

A continuación, se muestra la tabla general de la suma de cada uno de los estudios realizados durante el proyecto, lo que como resultado de ello muestra la tecnología con mayor grado de viabilidad para la implementación en COTECMAR.

Tabla 4.1.5: Resultado Final de validación de resultados

DESCRIPCION	SBR (%)	MBBR (%)
ESTUDIO TECNICO	95%	85%
ESTUDIO ECONOMICO	23%	0.02%
CUMPLIMIENTO LEGAL	100%	100%
IMPACTO AMBIENTAL	100%	100%
% DE CUMPLIMIENTO	79%	71%

De acuerdo a la Tabla 4.1.5 en el cual se resumen el resultado en valores porcentuales de la ponderación de los factores Estudio técnico, Estudio Económico, Cumplimiento Legal e Impacto ambiental de las dos tecnologías, se observa que la tecnología de Lodos Activados (SBR), se ajusta de mejor manera a las necesidades de la corporación, ya que el resultado del 79% (SBR) es superior al resultado 71% de MBBR.

Adicionalmente se confirma que la tecnología SBR cumple con cada una de las expectativas y especificaciones establecidas, tanto como lo son cumplimiento de la normatividad legal vigente y capacidad de stand-by en caso de proyección futura para la Corporación.

4.2 PLAN DE IMPLEMENTACION

Para el desarrollo del Plan de implementación se utilizarán la metodología de gestión de proyectos bajo esquema PMI (Project Management Institute), que es un estándar a nivel mundial, para la gestión de los mismos, detallando las fases y las acciones a realizar en cada una, para obtener un resultado exitoso en cada proyecto. Como referencia para la elaboración del Plan de Implementación se utilizará la guía del PMBOK® del PMI, en su capítulo de la Gestión de Integración del Proyecto en el cual la integración incluye características de unificación, consolidación, comunicación y acciones integradoras cruciales para que el proyecto se lleve a cabo de manera controlada, de modo que se cumpla con los requisitos, se complete y se manejen con

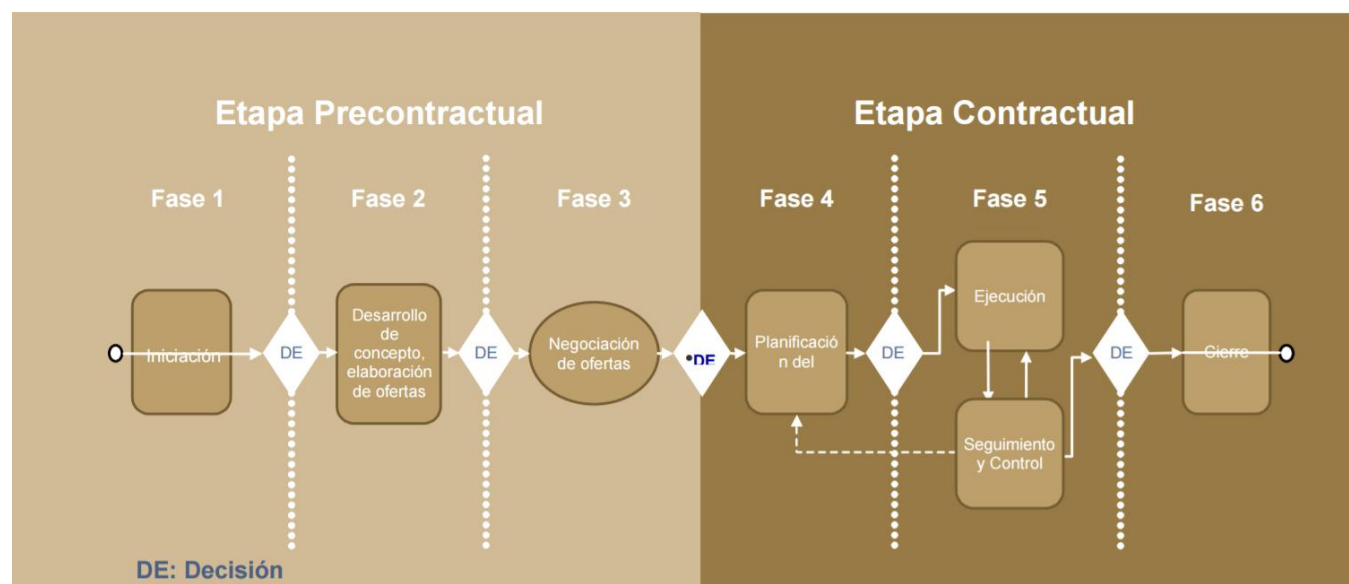
éxito las expectativas de los interesados. La Gestión de la Integración del Proyecto implica tomar decisiones en cuanto a la asignación de recursos, equilibrar objetivos y alternativas contrapuestas y manejar las interdependencias entre las Áreas de Conocimiento de la dirección de proyectos.

Para el proyecto de la PTAR se presentará un Plan de Implementación que abarca la totalidad de la vida de los proyectos, desde su concepción hasta la conclusión total y cierre de los mismos. Está basado en el ciclo de vida del proyecto estructurado en dos etapas: Etapa Precontractual y Etapa Contractual.

La etapa Precontractual se subdivide en tres fases: Inicio, desarrollo de conceptos, elaboración de ofertas y Negociación de ofertas

La etapa Contractual se subdivide en tres fases: Planificación del proyecto, Ejecución, seguimiento y Control, y Cierre.

Gráfica 4.2.1 Etapas Plan de Implementación



Gráfica 4.2.2 Correlación entre la Estructura PMBOK y el Plan de Implementación

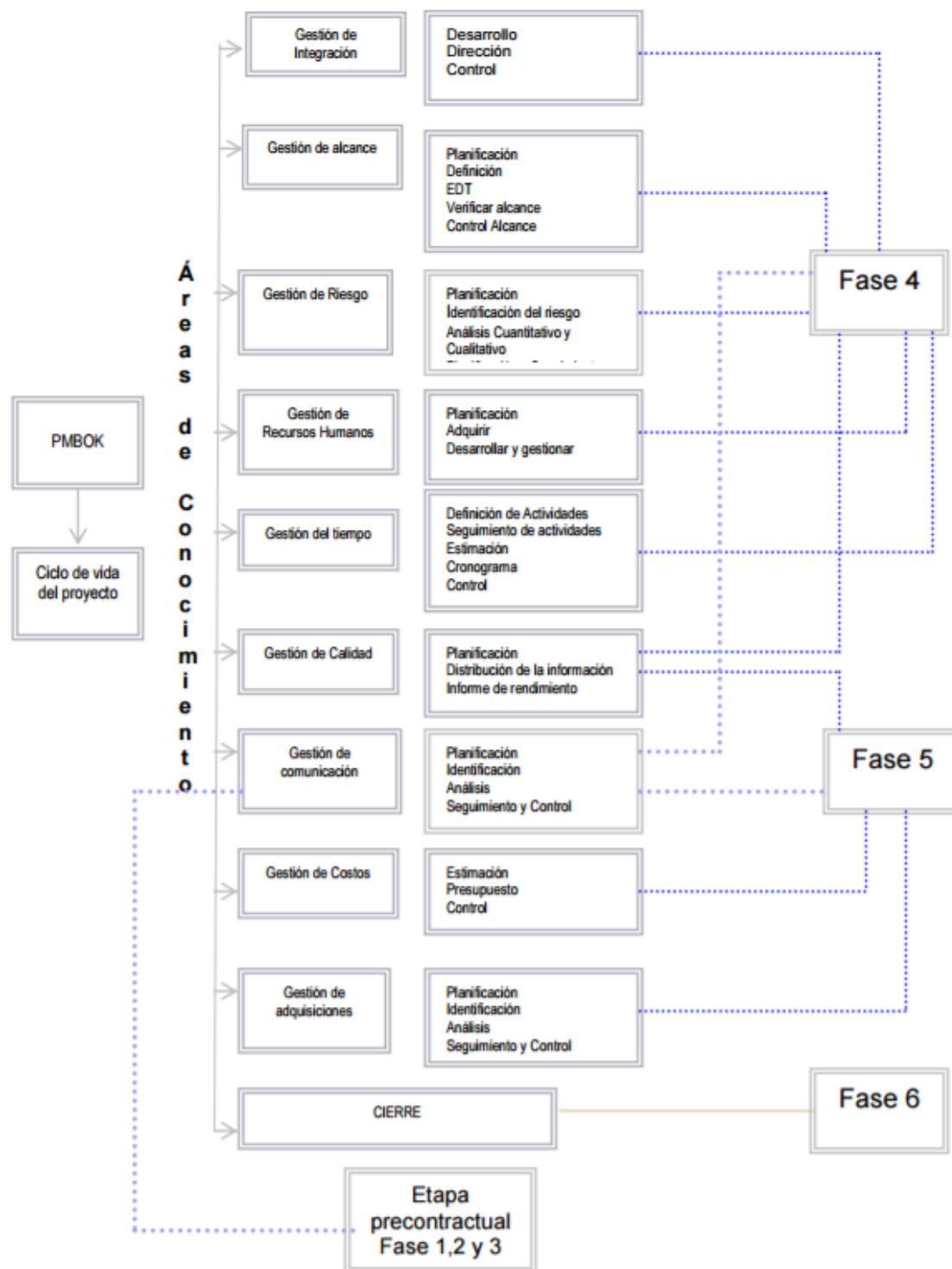


Tabla 4.2.1 Descripción de las Etapas del Plan de Implementación

Etapa Precontractual		Etapa Contractual	
FASE 1	Iniciación	FASE 4	Planificación del proyecto
FASE 2	Desarrollo de concepto, elaboración de ofertas y propuestas	FASE 5	Ejecución, Seguimiento y Control
FASE 3	Negociación de ofertas	FASE 6	Cierre

La Etapa Precontractual y la Etapa Contractual forman parte integrante del proyecto y de su ciclo de vida. La mayor parte de los problemas que se manifiestan a lo largo de la vida de un proyecto se originan durante la definición de éste y la negociación de sus objetivos, contenido y alcance con los clientes del mismo. Una adecuada gestión de la etapa precontractual es el mejor camino para prevenir problemas posteriores. Al final de cada una de las 5 primeras fases en que está estructurado el Plan, se produce un resultado específico que facilita una decisión clave que enfoca y orienta la actuación de la siguiente fase del proyecto, reduciendo de esta forma el riesgo y la incertidumbre iniciales del mismo.

4.2.1 FASE 1. INICIACION

El propósito de esta fase es lograr una autorización por la alta dirección, aprobando la iniciación del proyecto y estableciendo las bases fundamentales para acometer las siguientes fases del mismo, antes de comprometer costos y recursos.


4.2.1.1 Visión General y Aspectos a Considerar

El proyecto de la PTAR nace con la expectativa de un requerimiento de cumplimiento Legal para la operación de la Planta MAMONAL bajo los estándares de regulación ambiental.

El trabajo de preparación de un proyecto y la elaboración de una propuesta para su realización, es una actividad de consumo de recursos que requiere de la participación de diferentes personas y áreas funcionales dentro de la corporación que deben interaccionarse y sincronizarse de manera adecuadamente. La fase de iniciación del proyecto intenta eliminar los problemas mediante una estimación preliminar determinando el contenido, alcance, especificaciones, dimensión y beneficios del proyecto. Con ello se facilita la decisión de la Corporación a la conveniencia de iniciar o no los trabajos para la elaboración de la oferta o propuesta del proyecto de la PTAR, la selección del Gerente de Proyecto y equipo del proyecto más adecuados para realizarlos y la asignación a los mismos de los recursos, autoridad y apoyo requeridos para las siguientes fases del proyecto.

En esta fase se debe generar un documento formal por parte de la Alta Dirección, que establezca claramente la autorización ejecutiva para desarrollar el concepto y elaborar la oferta o propuesta soportada para la realización del proyecto, estableciendo las bases fundamentales para hacerlo. Este documento se denomina Project Charter y constituye el punto de arranque de procesos posteriores consumidores de tiempo y recursos de la organización. A continuación, se presenta el documento Project Charter para el proyecto:

Tabla 4.2.2 Projeet Charter

 COTECMAR	PROJECT CHARTER		
	Código: F-GESPCN-001	Versión: 0.0.1	Fecha de Aprobación: 16-may-2011
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO			
Nombre del proyecto	Diseño y fabricación del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en COTECMAR – Complejo Mamonal		
Código del proyecto	005		
Fecha de elaboración	30-05-2017		
STAKEHOLDERS PRINCIPALES			
Sponsor del proyecto	GEFAD Responde por la aprobación del presupuesto, aprueba o desaprueba cambios que puedan afectar económicamente el proyecto y es el portavoz ante las altas directivas.		

Cliente	LIDAMB / Analista de Medio Ambiente Evalúa el cumplimiento de los criterios de aceptación de cada uno de los entregables.
Representante del cliente / medios de contacto	TK ANDREA FRANCO
Gerente del proyecto	CN FABIÁN OCAMPO MERCADO Responde por la ejecución del presupuesto, selección de la interventoría y constructor del proyecto y por el cumplimiento en tiempo, costo, alcance y calidad del proyecto.
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
Alcance del proyecto	Declaración del alcance: "Diseño, construcción y puesta en funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas generadas en COTECMAR – Complejo Mamonal" Entregables principales: <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de recolección de aguas servidas (Planimetría, diseño hidráulico y obra civil) - Tanque ecualizador (estudio de suelos, diseño, construcción y pruebas) - Planta de tratamiento (Estudio de suelos, diseño, construcción y pruebas)
Fecha de inicio	
Fecha de fin	
Estimación de costos del proyecto (presupuesto)	\$ 665,582.000
Objetivos del proyecto	<p>Objetivo General</p> <p>Diseñar y construir una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTAR), la cual asegure un tratamiento altamente eficaz de las aguas servidas de COTECMAR</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interconectar todas las descargas realizadas en la corporación con el fin de hacer un tratamiento puntual de todas las aguas servidas. - Cumplir las obligaciones de remoción establecidas en el permiso de vertimientos mediante la migración a un mejor sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Remoción de carga orgánica igual o mayor a 80% para: Solidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) y aceites y grasas. - Cumplimiento de los obligaciones impuestas por el permiso de vertimientos
Supuestos	<p>IPC= 7%</p> <p>Las aguas residuales generadas son domésticas</p>
Restricciones	<ul style="list-style-type: none"> - El tiempo de ejecución del Proyecto es 6 meses o menos - El presupuesto disponible es \$ 665,582.000 - Se requiere contratar interventoría debido a las competencias requeridas por la ley para el personal que ejecuta el proyecto - El diseño del sistema debe permitir adaptarse a la proyección de crecimiento del número de usuarios del sistema.
Riesgos	1. Diseño técnicamente inadecuado o insuficiente para las características de los residuos líquidos generados o la proyección de

	<p>crecimiento de los usuarios del sistema.</p> <p>2. Selección inadecuada o sesgada de la firma subcontratista.</p> <p>3. Sobrecostos por reprocesos o novedades en cuanto a red de tubería actual.</p> <p>4. Demoras en la implementación del nuevo sistema de tratamiento por recursos económicos insuficientes</p> <p>5. Sanciones, multas o llamados de atención de la Autoridad Ambiental Competente o Contraloría por desacato a las recomendaciones del Permiso de Vertimiento otorgado a través de Res. 0609 del 24/05/2016.</p>
Equipo del proyecto / organigrama del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> · CN Margarita Carreño · CN Fabian Ocampo · TK Andrea Franco · Ing. Eli Rafael Diaz
Comunicaciones e informes	Se realizará reunión quincenal de seguimiento y reuniones extraordinarias cada vez que sea requerido por el sponsor o el gerente del proyecto.
Criterios de aceptación	Los criterios establecidos en el RAS 2000 y el permiso de vertimientos otorgado a COTECMAR.
Control de cambios del proyecto	Todos los cambios deberán ser aprobados por el equipo del proyecto y deberán ser diligenciados en el registro de cambios del proyecto.
FIRMAS APROBACIÓN	
CN FABIAN OCAMPO MERCADO GERENTE DEL PROYECTO	CN MARGARITA CARREÑO GEFAD

4.2.1.2 Propuesta de Iniciación del Proyecto

4.2.1.2.1 Datos de Partida

- ❖ Requerimiento Interno
- ❖ Términos de Referencia
- ❖ Estudio de mercado
- ❖ Otros datos e informaciones que requiera el proyecto
- ❖ Estrategia del área organizativa
- ❖ Información histórica de proyectos y ofertas

4.2.1.2.2 Pasos recomendados

- ❖ Análisis de los datos de partida
- ❖ Identificación de razones para la realización de la oferta
- ❖ Definición de la naturaleza del proyecto, la necesidad del cliente a satisfacer y ventajas para él, e identificación de los procesos de negocio del cliente a los que afecta el proyecto, plataforma tecnológica, documentación relevante disponible.
- ❖ Identificación de las características que se prevén para el proyecto: soluciones y servicios que comporta, productos y alcance del proyecto.
- ❖ Clasificación preliminar del proyecto y exploración del conocimiento existente en el Plan aplicable al proyecto.
- ❖ Estimación preliminar del costo y duración del proyecto.
- ❖ Identificación de las unidades organizativas del Plan y las entidades externas que deberían participar en el proyecto.
- ❖ Análisis de las limitaciones que pueden afectar al proyecto.
- ❖ Análisis de la información comercial referente al proyecto (competidores, sus fortalezas, debilidades y estrategia comercial).
- ❖ Estimación del esfuerzo de elaboración de oferta (tiempo y costo).
- ❖ Evaluación preliminar de los beneficios del Plan para la realización del proyecto.
- ❖ Revisión de conclusiones.
- ❖ Documentación de las conclusiones. Elaboración y comunicación de la propuesta de iniciación del proyecto, propuesta de elaboración de oferta.

4.2.1.2.3 Aspectos a Considerar

La propuesta de iniciar un proyecto se origina en la mayoría de los casos en las necesidades comerciales, o en el ámbito de requerimientos interno, no obstante, dichas propuestas pueden y deben producirse en cualquier unidad de la Corporación.

Alinear los proyectos que se acometen con los objetivos y capacidades del Plan de implementación, exige una reflexión y una decisión corporativa previas a la asignación de recursos humanos y materiales significativos para el desarrollo de la oferta, o propuesta de proyecto interno. La propuesta formal de iniciación del proyecto facilita esta reflexión y soporta la decisión ejecutiva consecuente, facilitando así al equipo de proyecto la disponibilidad del apoyo ejecutivo, la autoridad y los recursos necesarios. Evita asimismo la utilización de tiempo y recursos para proyectos que nunca debieran haberse emprendido.

4.2.1.2.4 Lista de comprobación de la Fase 1.

A continuación, en la Tabla 4.2.3, se presenta una lista de verificación que deberá rellenarse individualmente por cada uno de los responsables de la fase de iniciación y con base a los resultados conjuntos obtenidos, dichos responsables se pondrán de acuerdo sobre las áreas y conceptos no precisados satisfactoriamente y las acciones complementarias que se deben realizar para poder dar por cumplimiento a esta fase.

Tabla 4.2.3 Lista de Chequeos Fase 1

Marque con una X el recuadro correspondiente a las afirmaciones con las que esté de acuerdo

Se ha definido la necesidad y oportunidad del proyecto	
Se han identificado las razones que justifican dicha necesidad u oportunidad	
Se han estimado los beneficios que obtendrá el cliente de la realización del proyecto	
Se han identificado los procesos de negocio del cliente a los que afectará el proyecto	
Se ha considerado la plataforma tecnológica que conllevará el proyecto	
Se ha recopilado la documentación relevante disponible	
Se han definido las características que se prevén para el proyecto: soluciones y servicios	
Se han determinado en la medida de lo posible los productos y el alcance del proyecto PTAR	
Se han identificado las funciones y requisitos preliminares de los productos	
Se ha realizado una clasificación preliminar del proyecto como Plataforma	
Se ha indagado en busca del conocimiento existente aplicable al proyecto	
Se ha estimado la magnitud aproximada del costo total del proyecto	

Se ha realizado una estimación preliminar de la duración del proyecto	
Se han considerado las limitaciones previsibles (de conocimiento, personal especializado, recursos...) que podrían afectar al proyecto	
Se ha comprobado si el proyecto está en línea con la estrategia del área y/o la unidad de negocio	
Se ha analizado la información comercial referente al proyecto	
Se ha estimado el esfuerzo de elaboración de oferta (tiempo y costo) y se ha establecido la estrategia comercial recomendable en la elaboración de oferta y acción comercial	
Se han identificado los beneficios que obtendrá el Plan con la realización del proyecto	
Se ha considerado la probabilidad de continuación del proyecto tras su finalización	
Debería procederse a la siguiente fase de este proyecto	

4.2.2 FASE 2. DESARROLLO DE CONCEPTO, ELABORACIÓN DE OFERTAS Y PROPUESTAS

El propósito de la fase de desarrollo de concepto, elaboración de ofertas y propuestas, es definir la misión, productos y alcance del proyecto, así como estimar las actividades que componen, su costo, calendario de ejecución, riesgos y limitaciones principales con el nivel de detalle y precisión necesarios para poder elaborar una oferta competitiva o una propuesta soportada para proyectos internos de la compañía. Durante esta fase se definen así mismo los factores claves para el éxito del proyecto.

A continuación, en la Gráfica 4.2.1, se presenta el desglose de la Fase 2, en tres subdivisiones que contemplan el objetivo de esta fase.

Gráfica 4.2.3 Identificación de la Fase 2.



Gráfica 4.2.4 Elaboración de la Oferta



4.2.2.1 Definición de la misión y contenido del proyecto

4.2.2.1.1 Datos de Partida

- ❖ Autorización de la alta dirección de iniciación del proyecto PTAR
- ❖ Petición de oferta del cliente
- ❖ Elaboración Términos de referencia
- ❖ Oportunidad de mercado
- ❖ Necesidad del cliente
- ❖ Estrategia del área organizativa
- ❖ Información histórica de proyectos y ofertas similares

4.2.2.1.2 Pasos recomendados

- ❖ Análisis de los datos de partida.
- ❖ Consultas a los clientes y usuarios.
- ❖ Definición de necesidades y expectativas de clientes y usuarios.
- ❖ Identificación del personal clave.
- ❖ Identificación de productos y alcance del proyecto.
- ❖ Búsqueda o confirmación del conocimiento existente aplicable al proyecto
- ❖ Estimación de limitaciones y supuestos para la realización del proyecto (factores de riesgo)
- ❖ Identificación de los factores clave para el éxito del proyecto

4.2.2.1.3 Aspectos a Considerar

Para poder establecer la viabilidad de un proyecto y estimar cómo, en qué tiempo y a qué costo se podrá realizar es necesario disponer previamente de una visión lo más clara posible del producto que deberá resultar del mismo para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, los usuarios y la organización que lo lleva a cabo.

Para identificar las mismas es clave, efectuar consultas a los clientes y/o usuarios del producto, aun cuando la petición o pliego de condiciones de un cliente potencial defina estos aspectos, la reflexión que comporta este proceso facilita el consenso entre los miembros del equipo de proyecto sobre los objetivos a alcanzar y las limitaciones y riesgos para conseguirlos, siendo el primer paso en la constitución de un equipo de proyecto eficiente.

Es recomendable abrir durante este proceso un archivo del proyecto en el que el gerente y equipo de proyecto puedan acceder en todo momento a lo largo del mismo a:

- ❖ La documentación de las fases y procesos anteriores
- ❖ Los formatos y documentos preliminares de la gestión del Proyecto.
- ❖ Los informes de contactos, reuniones y acuerdos con el cliente, usuarios, proveedores y “accionistas”.
- ❖ Los documentos escritos intercambiados con ellos.
- ❖ Los informes de las reuniones del equipo de Proyecto.
- ❖ Otros documentos relevantes relativos al proyecto La existencia y administración eficaz de este archivo se hace indispensable para la excelencia en la gestión de proyectos complejos y/o de gran dimensión

4.2.2.1.4 Estructura de Desglose Primario del Trabajo (WBS) o EDT

Se comienza el establecimiento de la Estructura de Desglose del Trabajo o EDT (WBS - Estructura de Desglose del Trabajo) del proyecto a partir de la totalidad de productos y servicios complementarios que deberán entregarse al cliente

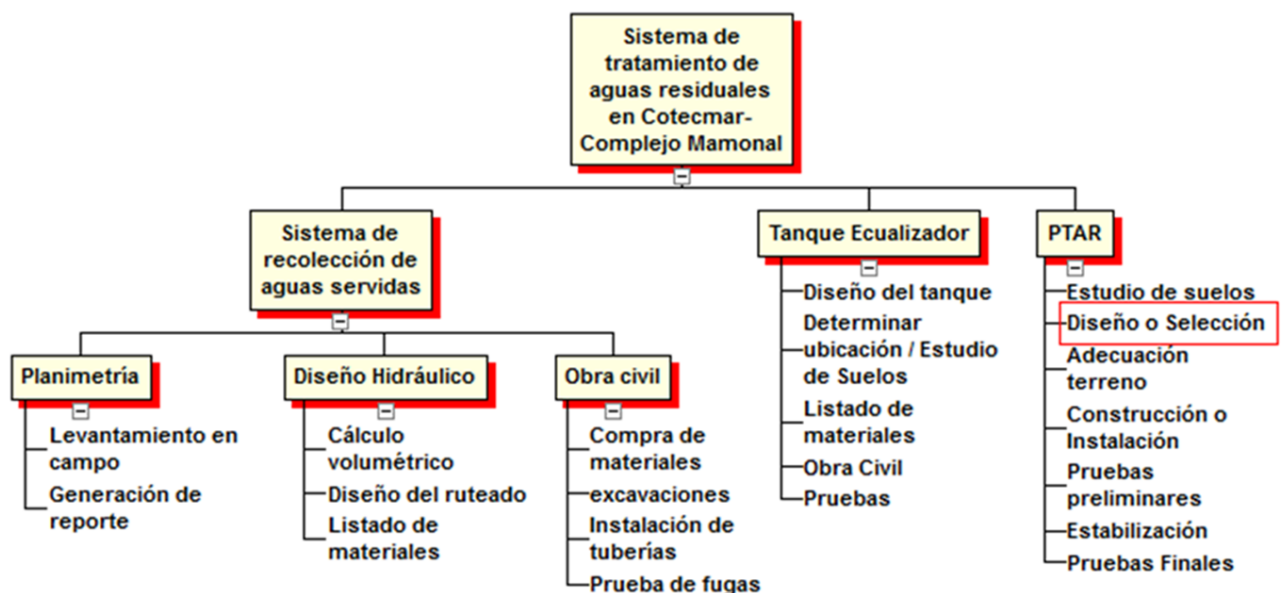
El desglose primario llega solamente al nivel de detalle en que cada uno de sus elementos de nivel inferior sea:

- ❖ Completo y separado de la EDT (WBS – Estructura de Desglose del Trabajo)
- ❖ Definible en su inicio y terminación
- ❖ Integrable de forma que el proyecto total resulte visible

- ❖ Realizable en su totalidad por un grupo homogéneo de personas bajo la dependencia del jefe de proyecto por un solo departamento o unidad organizativa, subcontratista o proveedor externo
- ❖ Habitualmente comprenderá tres niveles de desglose para proyectos grandes, dos para pequeños

Es especialmente importante al establecer la EDT (WBS - Estructura de Desglose del Trabajo) incluir en la misma todas las actividades (elaboración de prototipos para aprobación por el cliente, instalación, formación de usuario, mantenimiento, certificaciones, garantías...) necesarias para cumplir los requisitos del cliente hasta la entrega y aceptación final por éste del resultado del proyecto, y los ensayos, inspecciones y pruebas necesarios para garantizar la calidad del producto. Deben, por ello, participar en el establecimiento de la EDT (WBS - Estructura de Desglose del Trabajo) los responsables de calidad cuando sea necesario.

Gráfica 4.2.5 Elaboración de la EDT



4.2.2.1.5 Lista de Comprobación de la Fase 2.

A continuación, en la Tabla 4.2.4, se presenta una lista de verificación que deberá rellenarse individualmente por cada uno de los responsables y con base a los resultados conjuntos obtenidos, éstos se pondrán de acuerdo sobre las áreas y conceptos no precisados satisfactoriamente y las acciones complementarias que se deben realizar para poder dar por concluida la fase.


Tabla 4.2.4 Lista de Chequeos Fase 2.

Marque con una X el recuadro correspondiente a las afirmaciones con las que esté de acuerdo

Se han identificado las necesidades, deseos y expectativas del cliente respecto al proyecto	
Se han identificado las necesidades y expectativas respecto del producto/servicio resultante	
Se dispone de información sobre la experiencia del cliente en proyectos o iniciativas similares	
Se han definido apropiadamente el alcance y los objetivos del proyecto	
Se ha establecido una descripción detallada y precisa del producto/servicio	
Se ha comprobado las normas y reglamentos que son aplicables al producto	
Se ha comprobado la legislación (laboral, fiscal...) aplicable al proyecto, especialmente para proyectos internacionales	
Se han definido los beneficios que obtendrá el cliente con la realización del proyecto	
Se han identificado las necesidades, deseos y expectativas con respecto a este proyecto	
Se han identificado los factores clave para el éxito del proyecto	
Se han identificado y están disponibles los recursos e información necesarios para llevar a cabo el proyecto	
Se han identificado las actividades necesarias para la ejecución del proyecto, estimado los costos y el calendario del mismo	
Se han identificado y definido las limitaciones que afectan o pueden afectar al proyecto	
Se han establecido los supuestos a considerar como ciertos o reales en la planificación	
Se ha determinado una fecha intencional de terminación del proyecto y los hitos del mismo de acuerdo a las necesidades del cliente	
Se han identificado los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto y definido su perfil profesional de acuerdo al Catálogo de Conocimientos de la Compañía	
Las estimaciones de costos y calendario del proyecto se han basado en su mayor parte en	

información histórica de proyectos similares anteriores, por lo que su nivel de fiabilidad es alto	
No existe información histórica de proyectos similares anteriores, pero las estimaciones de costo y calendario del proyecto son fiables por la calidad del análisis realizado	
Se ha establecido el perfil tecnológico del proyecto	
Se han evaluado los riesgos para la ejecución del proyecto o pedido	

Tabla 4.2.5 Formato Estimación de Costos

 <div style="text-align: center;"> CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL MARÍTIMA Y FLUVIAL PLANTA MAMONAL </div>					
Código: F-GESNEV-004		Versión: 0.0.1		Fecha de aprobación: 10/07/2012	
CLIENTE: COTECMAR SOLICITA: PROYECTO: PTAR				COT No: MAM-17-0068 FECHA:	
ITEM	CONCEPTO	UNI	QT	VALOR	V. TOTAL
VALOR TOTAL DE LOS TRABAJOS:					
TIEMPO ESTIMADO ENTREGA DE LOS TRABAJOS					

4.2.3 FASE 3. NEGOCIACIÓN DE OFERTAS

El propósito de la fase de negociación de ofertas es concluir en un acuerdo beneficioso para el oferente y la corporación para la realización del proyecto de la PTAR.

4.2.3.1 Visión general y aspectos a considerar

Se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos que se consideran relevantes en esta fase de negociación de ofertas:

- ❖ Aclarar con los oferentes las indefiniciones y los malentendidos que pueden producirse en relación al proyecto y su contenido, productos y servicios que se describan en los términos de referencia.
- ❖ Identificar la variación de la EDT o Estructura de Desglose del Trabajo y el impacto en costo y plazo de ejecución del proyecto de los cambios que se propongan, sus riesgos y las limitaciones para aplicarlos.
- ❖ Actualizar la información relativa a la oferta recogida en los Sistemas de Información Corporativos siempre que los cambios en la negociación impliquen una variación significativa del proyecto (misión, contenido, EDT o Estructura de Desglose del Trabajo, recursos, necesidades, costos, plazo, riesgos)
- ❖ Negociar las contraprestaciones (precio, ampliación del plazo de ejecución) para la aplicación de cambios respecto a la oferta.
- ❖ Precisar las facilidades que debe proporcionar el cliente y las tareas a realizar por su personal para el desarrollo del proyecto y el impacto en el proyecto del incumplimiento o retraso en las mismas.
- ❖ Garantizar que el documento resultado de la negociación o el contrato resultante, reflejen lo más fielmente posible los acuerdos establecidos, especialmente aquellos que impliquen una modificación de la oferta
- ❖ En caso de existir modificaciones o aclaraciones a los términos de referencia inicial, todos los cambios deben ser publicados en adendos los cuales hacen parte integral del proceso
- ❖ Se debe garantizar la trazabilidad de los documentos con la metodología de control de cambios evidenciando la responsabilidad y los niveles de autorización respectivos.

Una vez terminada la fase de negociación se debe generar las autorizaciones correspondientes a la legalización del contrato para la ejecución del proyecto de la PTAR, teniendo claramente definidos el alcance, tiempos de entrega, hitos de control, entre otros.

4.2.4 FASE 4. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los dos propósitos fundamentales de la planificación del proyecto son:

- ❖ Proporcionar a todos los relacionados con el mismo un conocimiento preciso de cuáles son los resultados que se deben conseguir y cuál es el camino, paso a paso, para alcanzarlos. Determinar qué, quién, cómo, cuándo, con qué recursos y a qué costo.
- ❖ Proporcionar una pauta precisa para el seguimiento y control del proyecto que permita identificar tempranamente las desviaciones, facilitando así la corrección de las mismas.

Definido el proyecto, su planificación comprende una sucesión ordenada y sistemática de procesos destinados a establecer y definir, con la mayor precisión posible, las actividades necesarias para realizarlo alcanzando los objetivos establecidos, sus resultados, los recursos que consumirán y los costos en que incurrirán, cuándo se realizará cada actividad (duración y secuencia de las mismas) y quién será responsable de realizar cada una de ellas

4.2.4.1 Plan Maestro del proyecto

El producto principal de la fase de planificación del proyecto es el plan de base o plan maestro del proyecto que comprende:

- ❖ El plan de trabajo para realizarlo y cumplir sus objetivos, incluyendo todas las actividades del proyecto, su definición y resultados, los recursos a asignar a cada una de ellas, su costo, duración y secuencia.
- ❖ El calendario detallado correspondiente a dicho plan de trabajo, mostrando el periodo de tiempo en el que se desarrollará cada actividad y, por tanto, se incurrirá en los costos planificados para ella, así como la duración total del proyecto, con indicación del camino crítico y las actividades que abarca

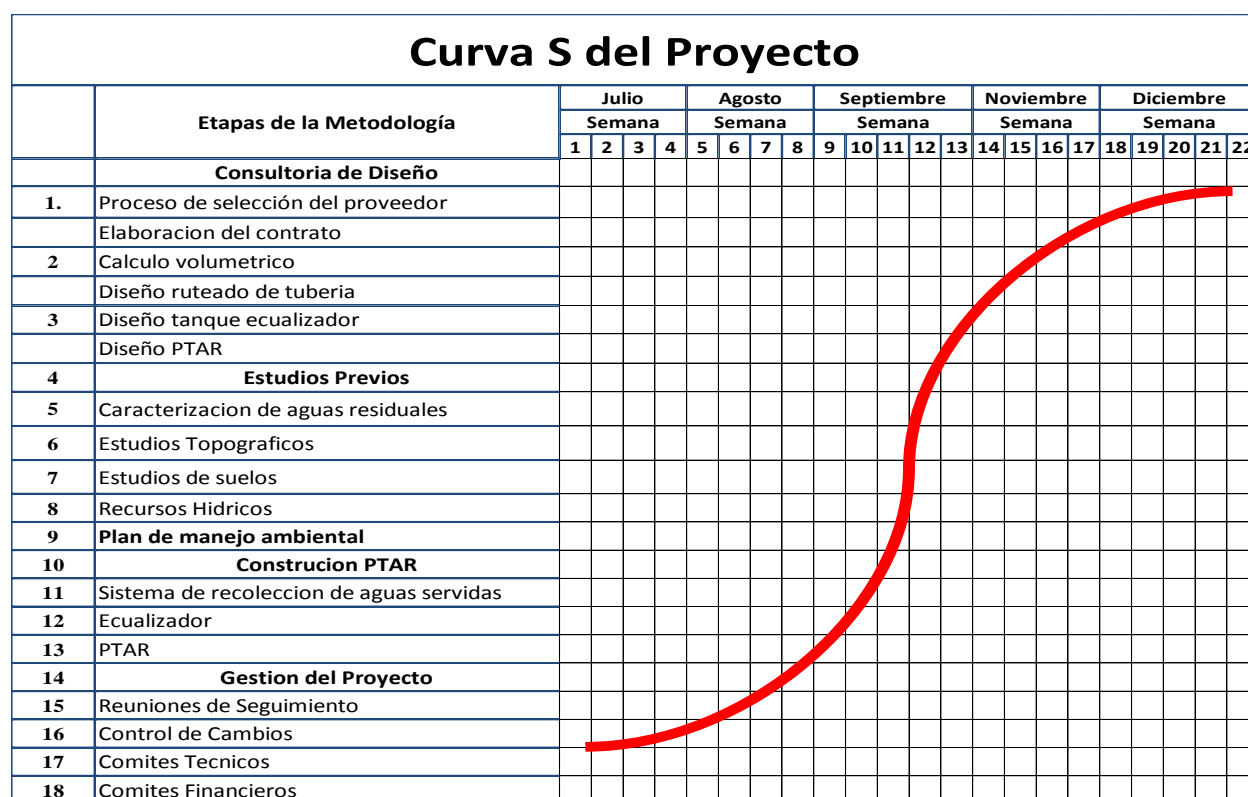
- ❖ El plan de costos, o curva de evolución de los costos a lo largo del proyecto de acuerdo al plan de trabajo del mismo.

Los tres componentes principales del plan maestro del proyecto: plan de trabajo EDT (Grafica 4.2.3), Cronograma del Proyecto (Grafica 4.2.4) y Plan de Costos (Grafica 4.2.5) están totalmente relacionados entre sí. Las desviaciones de costo de las actividades, de su duración o del tiempo en que se producen respecto del plan, repercutirán en desviaciones del calendario y la evolución de los costos de ejecución del proyecto, respecto del calendario y plan de costos maestros. El plan maestro del proyecto es por ello el elemento fundamental para el seguimiento y control del mismo y para poder realizar estimaciones fiables de los resultados finales a lo largo de su ejecución. Por ello, debe mantenerse inalterado a lo largo de la ejecución del proyecto, salvo cambios en los objetivos y alcance del mismo, debidamente justificados y documentados. El elemento fundamental para la elaboración del plan maestro del proyecto es la Estructura de Desglose del Trabajo o EDT (WBS)

Gráfica 4.2.6 Cronograma de Proyecto

ACTIVIDAD	MES					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Consultoria de Diseño						
Proceso de selección del proveedor						
Elaboracion de Contrato						
Calculo Volumetrico						
Diseño ruteado de tubería						
Diseño tanque ecualizador						
Diseño PTAR						
Estudios Previos						
Caracterizacion de aguas residuales						
Estudio topograficos						
Estudio de suelos						
Recursos Hidricos						
Plan de manejo ambiental						
Construccion PTAR						
Sistema de recoleccion de aguas servidas						
Ecualizador						
PTAR						
Gestion del Proyecto						
Reuniones de seguimiento						
Control de cambios						
Comites tecnicos						
Comites financieros						

Gráfica 4.2.7 Plan de Costos



4.2.4.2 Planes de soporte

Adicionalmente al plan maestro, la planificación comprende la elaboración de los planes necesarios para asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto, soportar y facilitar su gestión; que se denominan planes de soporte a la gestión del proyecto. Los principales son los planes de calidad, el plan de organización o asignación de responsabilidades, el plan de riesgos, el plan de comunicación y el plan de aprovisionamiento. Es responsabilidad del gerente del proyecto decidir cuáles de estos planes de soporte es necesario realizar y el nivel de detalle al que deben elaborarse.

4.2.4.2.1 Elaboración de planes de Soporte

El objetivo de la elaboración de planes de soporte del proyecto es el de asegurar el cumplimiento de sus objetivos, disminuir los riesgos, aumentar su predictibilidad y facilitar la gestión del proyecto.

Para el proyecto de la PTAR se consideran críticos la elaboración de los siguientes Planes soportes, los cuales se presentan a continuación: Plan de riesgos, Plan de Calidad y Plan de comunicaciones

Gráfica 4.2.8 Plan de Riesgos

Proceso / Proyecto	Riesgo #	Riesgos del Proceso	Causas y/o Fallas	Factor de riesgo	Probabilidad	Soporte Calificación Probabilidad
PTAR	R1	Sobrecostos por errores en la estimación.	Falta de personal competente para realizar la estimación.	Recurso Humano	Probable o Alta	Probable o Alta - 1 vez cada trimestre
PTAR	R2	Selección inadecuada del método de tratamiento	Falta de personal competente para realizar la selección del método de tratamiento.	Recurso Humano	Probable o Alta	Puede Ocurred o Moderada - El evento puede ocurrir entre el 10 y 14.99% de los casos
PTAR	R3	Sobrecostos por reprocesos o novedades en cuanto a red de tubería actual	Diagnóstico inadecuado de la infraestructura actual	Recurso Humano	Puede Ocurred o Moderada	Puede Ocurred o Moderada - El evento puede ocurrir entre el 10 y 14.99% de los casos
PTAR	R4	Inviabilidad de interconectar todas las descargas de aguas residuales del complejo Mamonal	Condición topográfica del terreno	Infraestructura Física	Puede Ocurred o Moderada	Puede Ocurred o Moderada - El evento puede ocurrir entre el 10 y 14.99% de los casos
PTAR	R5	Selección inadecuada del Diseñador - Constructor.	Inadecuada definición de requisitos	Recurso Humano	Puede Ocurred o Moderada	Puede Ocurred o Moderada - El evento puede ocurrir entre el 10 y 14.99% de los casos
PTAR	R5	Incumplimiento a la Normatividad	Inadecuada revisión de ofertas	Recurso Humano	Puede Ocurred o Moderada	Puede Ocurred o Moderada - El evento puede ocurrir entre el 10 y 14.99% de los casos
PTAR	R6	Demoras por lluvias o condiciones naturales.	Lluvias o condiciones naturales	Evento Externo	Probable o Alta	Probable o Alta - El evento ocurrirá entre el 15 y el 20% de los casos

Proceso / Proyecto	Riesgo #	Riesgos del Proceso	Impacto	Afectación del Impacto	Soporte Calificación Impacto	Severidad del Riesgo Inherente
PTAR	R1	Sobrecostos por errores en la estimación.	Moderado o Importante	Financiero	Catastrófico o Crítico - Incremento en los costos del proyecto > 5%	Alto
PTAR	R2	Selección inadecuada del método de tratamiento	Catastrófico o Crítico	Reputacional / Imagen	Catastrófico o Crítico - Interrupción de las operaciones por más de 2 días	Extremo
PTAR	R3	Sobrecostos por reprocesos o novedades en cuanto a red de tubería actual	Moderado o Importante	Financiero	Catastrófico o Crítico - Incremento en los costos del proyecto > 5%	Moderado
PTAR	R4	Inviabilidad de interconectar todas las descargas de aguas residuales del complejo Mamonal	Mayor o Significativo	Financiero	Mayor o significativo - Un incremento de los costos del proyecto entre 3,5% < X ≤ 5%	Alto
PTAR	R5	Selección inadecuada del Diseñador -	Mayor o Significativo	Reputacional / Imagen	Moderado o Importante - Llamados de atención escrito	Alto

		Constructor.			o requerimientos por los entes reguladores.	
PTAR	R5	Incumplimiento a la Normatividad	Moderado o Importante	Financiero	Mayor o significativo - Un incremento de los costos del proyecto entre $3,5\% < X \leq 5\%$	Moderado
PTAR	R6	Demoras por lluvias o condiciones naturales.	Moderado o Importante	Servicio al Cliente / Proceso.	Moderado o Importante - Una desviación entre $6\% < X \leq 9\%$ del tiempo inicial estimado	Alto

Proceso / Proyecto	Riesgo #	Riesgos del Proceso	Respuesta / Tratamiento a los riesgos	Descripción del Control Asociado a la Causa o Falla	Responsabilidad del Control	
					Asignación	Cargo
PTAR	R1	Sobrecostos por errores en la estimación.	Reducir	Disminuir alcance inicialmente planeado	Asignado	Gerente de Proyecto
PTAR	R2	Selección inadecuada del método de tratamiento	Reducir	Contratar interventoría para el proyecto.	Asignado	Gerente de Proyecto
PTAR	R3	Sobrecostos por reprocesos o novedades en cuanto a red de tubería actual	Reducir	Contratar Corporación con experiencia para realizar los trabajos	Asignado	JDVADQ
PTAR	R4	Inviabilidad de interconectar todas las descargas de aguas residuales del complejo Mamonal	AcePTAR	Realizar estudio topográfico antes del diseño	Asignado	Diseñador
PTAR	R5	Selección inadecuada del Diseñador - Constructor.	Reducir	Realizar selección con equipo multidisciplinario	Asignado	Gerente de Proyecto
PTAR	R5	Incumplimiento a la Normatividad	Reducir	Realizar un proceso abierto de selección de proveedor	Asignado	JDVADQ
PTAR	R6	Demoras por lluvias o condiciones naturales.	Reducir	Programar en épocas de baja probabilidad de lluvia	Asignado	Gerente de Proyecto

Proceso / Proyecto	Riesgo #	Riesgos del Proceso	Tipo de Control	Descripción de la Evidencia del Control	Diseño del Control	Solidez del Conjunto de Controles	Disminuye el Impacto	Disminuye la probabilidad	Riesgo Residual
PTAR	R1	Sobrecostos por errores en la estimación.	Detectivo	Acta proceso de negociación con proveedor	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Bajo
PTAR	R2	Selección inadecuada del método de tratamiento	Preventivo	Contratación	Fuerte	Moderado	Fuerte	Fuerte	Alto
PTAR	R3	Sobrecostos por reprocesos o novedades en cuanto a red de tubería actual	Preventivo	Proceso de selección	Fuerte	Débil	Fuerte	Fuerte	Moderado
PTAR	R4	Inviabilidad de interconectar todas las descargas de	Preventivo	Informe estudio topográfico	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Bajo

		aguas residuales del complejo Mamonal							
PTAR	R5	Selección inadecuada del Diseñador - Constructor.	Preventivo	Actas de reunión / Correos	Fuerte	Fuerte	Moderado	Moderado	Moderado
PTAR	R5	Incumplimiento a la Normatividad	Preventivo	Documentos del proceso de selección	Fuerte	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
PTAR	R6	Demoras por lluvias o condiciones naturales.	Preventivo	Cronograma	Fuerte	Fuerte	Moderado	Moderado	Moderado

Gráfica 4.2.9 Plan de Calidad

PLAN DE CALIDAD												
ACTIVIDAD	Estándares y/o procedimientos instructivos, resoluciones, leyes y guías aplicables	RESPONSABLE	VARIABLES A CONTROLAR	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA	VALOR OBJETIVO	LÍMITES DE CONTROL	Recursos requeridos (materiales, herramientas y equipos)	Método de inspección o ensayo	Frecuencia de inspección o ensayo	Registro, evidencia y reporte de calidad	Escenario de seguimiento (reuniones)
Infraestructura PTAR	Instructivo para construcción de edificios	Jefe de Mantenimiento	Dimensiones	Desviación con respecto a lo indicado en planos	mm °C %	Acuerdo a planos	NA	Concreto Panel-Sandwich termoplástico	Visual Control dimensional	Semanal	Reporte de inspección	Reunión semanal de avance
Diseño	MAGNA - SIRGAS	GEPRO	Altura sobre el nivel del mar	Cumplimiento Normativo	mm	NA	NA	Contratación	Establecidos por SGC	NA	Reporte de inspección	Al inicio y al final
Caracterización aguas servidas	ISO 10012	GEPRO	Incertidumbre Resolución	Porcentaje de cumplimiento legal	und	100% cumplimiento	NA	Certificados de calibración	Visual Revisión documental	Mensual	Reporte de inspección	Al recibir
Instalación de tuberías	Procedimiento indicado por el fabricante	GEPRO	Nivel Certificación	Cantidad instalada/Cantidad estimada	%	Acuerdo a lo indicado en la ficha técnica	Acuerdo a lo indicado en la ficha técnica	Certificados de calibración / Nivel de precisión	Visual / Control dimensional	Al recibirlos	Reporte de inspección	Al recibir
Actualización de documentación	Requisitos SGC	GEPRO	Debes de la norma	Numero de NC o registro de control de Cambios	Cantidad	Acuerdo lo declarao en el SGC	NA	Laboratoristas, Gepro, Auditores Internos, Auditores	Revisión documental	Revisión avances mensual	Reporte de inspección	Reunión mensual de avance

Gráfica 4.2.10 Plan de Comunicaciones

PLAN DE COMUNICACIONES								
			Código: F-GESPCN-002			Versión: 0.0.2		Fecha de aprobación: 16-Ago-2012
Proyecto			Diseño, construcción y puesta en funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas generadas en COTECMAR – Complejo Mamonal					I-17-002/IGCT-2017
Gerente del Proyecto			FABIAN OCAMPO					CN MARGARITA CARREÑO
Dependencia			GEFAD					
ID	Etapas del Proceso	Comunicación	Descripción	Frecuencia	Formato		Pertenece a	Destinatario / Asistentes
					E-MAIL	OFICIO		PARA
1	INICIO	ACTA DE CONSTITUCIÓN	Nombramiento Gerente del Proyecto y nivel de autoridad	Una vez			GEFAD	OFPLA
2	PLANEACIÓN	Apertura proceso de selección	Determinar alcance de las obras a ejecutarse con el proveedor	Una vez	x		DVADQ	Proveedores
3	PLANEACIÓN	Publicación de adendos	Cambios al proceso de selección	Cuando se requiera	x	x	DVADQ	Proveedores
4	PLANEACIÓN	Cierre proceso	Decisión final del proceso	Una vez	x	x	DVADQ	Proveedores
5	PLANEACIÓN	Contrato	Contrato para la construcción del sistema	Una vez	x	x	DVCOT	Proveedor Seleccionado
6	PLANEACIÓN	Estudios Previos	Información de caracterización de aguas y suelos	Una vez	x	x	Contratista	Interventoría
7	PLANEACIÓN	Cronograma de trabajo	Descripción de actividades y recursos destinados al proyecto	Una vez	x	x	Contratista	GEPRO
8	PLANEACIÓN	Plan de Calidad	Descripción de las actividades de control y puntos de inspección	Una vez	x	x	Contratista	GEPRO
9	EJECUCIÓN	Cronograma de trabajo	Avances de las actividades	Quince días	x	x	Contratista	GEPRO
10	EJECUCIÓN	Plan de Riesgos	Actualización de plan de riesgos	Quince días	x	x	GEPRO	GEFAD - JOFSIG
11	EJECUCIÓN	Reportes de Pruebas	Reportes de las pruebas de control de calidad realizadas	Cuando se requiera	x	x	Interventoría	GEPRO - Contratista
12	CIERRE	ACTA DE TERMINACIÓN DE CONTRATO	Cumplimiento de las obligaciones contractuales de las partes	Una vez	x	x	GEPRO	Contratista - Interventoría

4.2.4.2.2 Lista de Comprobación de la Fase 4.

A continuación, en la tabla 4.2.4, se presenta una lista de verificación que deberá rellenarse individualmente por cada uno de los responsables y con base a los resultados conjuntos obtenidos, éstos se pondrán de acuerdo sobre las áreas y conceptos no precisados satisfactoriamente y las acciones complementarias que se deben realizar para poder dar por concluida la fase.

Tabla 4.2.6 Lista de Chequeos Fase 4.

Marque con una X el recuadro correspondiente a las afirmaciones con las que esté de acuerdo

Se dispone de información suficiente en relación al proyecto	
Se ha asignado gerente de proyecto y equipo humano de proyecto al proyecto	

El contenido y alcance del proyecto están bien definidos	
Se conocen los objetivos del proyecto	
Se sabe cómo medirá el cliente el éxito del proyecto	
Se conocen las limitaciones que tenemos para lograr el éxito del proyecto	
Se han identificado enfoques potenciales para superar estas limitaciones	
Los objetivos del proyecto son ambiciosos pero realistas	
Se han determinado las pruebas, procesos y documentación necesarios para la garantía y el aseguramiento de la calidad del proyecto y del cliente	
Se han identificado todas las actividades necesarias para la realización del proyecto, incluidas las correspondientes al punto anterior, y se ha desarrollado una EDT (WBS)	
Se ha documentado y explicado cada paquete de trabajo a asignar a las unidades organizativas involucradas en la realización del proyecto y éstas lo han entendido	
Se ha elaborado un plan de trabajo completo que refleja todas las actividades recogidas en la EDT (WBS), cuándo se realizarán, quién las realizará, qué recursos utilizará y cuál será su costo	
Se ha establecido un plan maestro que recoge el plan de trabajo, el calendario y la evolución de los costos en el tiempo que corresponde al mismo	
Se han establecido y comunicado las normas y procedimientos para la gestión de configuración, calidad y los cambios que se pueden producir en el proyecto	
Se han identificado y evaluado los riesgos probables del proyecto y se ha elaborado un plan de vigilancia y contención de los mismos	
Se han asignado claramente las responsabilidades para el desarrollo del proyecto y éstas han sido aceptadas por los afectados, incluidos los subcontratistas y proveedores externos clave	
Están definidos y acordados todos los compromisos y responsabilidades del cliente en relación al proyecto	
Se ha definido claramente el plan de comunicaciones	
El equipo de proyecto ha establecido los aspectos críticos a controlar para el éxito del proyecto	
Se tiene confianza en que el seguimiento del plan garantiza que el producto/servicio será entregado a satisfacción del cliente y cumpliendo los objetivos del proyecto	

4.2.5 FASE 5. EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL

El propósito de la ejecución del proyecto es llevarlo a cabo en concordancia con el plan aprobado hasta la entrega del producto final al cliente, a su satisfacción y cumpliendo todos los objetivos establecidos. El propósito del seguimiento y control del proyecto es asegurar que lo esperado ocurra.

4.2.5.1 Visión general y aspectos a considerar

El control del proyecto se cierra con la identificación y aplicación de medidas correctivas de las desviaciones, de contención de riesgos y para la mejora continua. Siendo ésta la parte fundamental de esta fase, no puede realizarse de manera efectiva sin haber identificado previamente las desviaciones respecto al plan.

Gráfica 4.2.11 Identificación de la Fase 5.



4.2.5.2 Datos de Partida

- ❖ Plan maestro
- ❖ Planes de soporte
- ❖ Información para el seguimiento del proyecto
- ❖ Análisis de desviaciones, causas e impacto en el proyecto
- ❖ Análisis de incidencias y riesgos
- ❖ Verificación de cumplimiento de hitos y calidad

4.2.5.3 Pasos recomendados

- ❖ Análisis de los datos de partida
- ❖ Identificación de alternativas para la corrección de desviaciones, contención de
- ❖ riesgos y mejoras posibles
- ❖ Evaluación y selección de alternativas
- ❖ Negociación con los afectados por las alternativas seleccionadas
- ❖ Establecimiento del plan de acción
- ❖ Revisión de conclusiones (utilizar la lista de comprobación)
- ❖ Documentación de resultado

4.2.5.4 Aspectos a Considerar

Este proceso es una parte fundamental del control del proyecto que frecuentemente se omite. Permite corregir la mayor parte de las desviaciones negativas que se producen durante la ejecución de los proyectos e identificar y aplicar en continuidad acciones de mejora. El desarrollo de este proceso por el equipo de proyecto inmediatamente después de cada sesión de seguimiento y supervisión, es un factor determinante del éxito del proyecto.

Es un proceso de resolución de problemas y establecimiento de planes de acción consecuentes. Los mejores resultados se obtienen mediante el trabajo en grupo para la resolución de los problemas identificados, el establecimiento de consenso sobre las medidas a aplicar y su negociación con los afectados por las mismas.

4.2.5.5 Lista de Comprobación de la Fase 5.

A continuación, en la tabla 4.2.7, se presenta una lista de verificación que deberá rellenarse individualmente por cada uno de los responsables y con base a los resultados conjuntos obtenidos, éstos se pondrán de acuerdo sobre las áreas y conceptos no precisados satisfactoriamente y las acciones complementarias que se deben realizar para poder dar por concluida la fase.

Tabla 4.2.7 Lista de Chequeos Fase 5

Marque con una X el recuadro correspondiente a las afirmaciones con las que esté de acuerdo

El cumplimiento de los requisitos e hitos acordados con el cliente y la satisfacción de sus necesidades son prioritarios para el equipo de proyecto	
Se proporciona al cliente periódicamente la información adecuada sobre la evolución e incidencias del proyecto	
Los responsables de las diferentes partes del proyecto gestionan y controlan eficazmente los costos y cronogramas de las mismas y facilitan, cuando se precisa, estimaciones soportadas y fiables del porcentaje de avance alcanzado y la fecha y costo de finalización de las subestructuras bajo su responsabilidad	
Los costos en que incurre el proyecto se autorizan, registran y contabilizan de acuerdo a las normativas descritas en el sistema de gestión de calidad y del propio proyecto	
Se dispone pronto de información actualizada y fiable de los costos incurridos hasta la fecha en cada subestructura del proyecto	
Está definida, se elabora, captura y procesa la información necesaria para el control conjunto de hitos, costos y calendario del proyecto, y para el reconocimiento de ingresos y márgenes	
La información integrada y de detalle de costos y calendario del proyecto permite identificar las desviaciones que se producen y dónde se producen, y facilita la indagación de sus causas	
Los miembros del equipo de proyecto conocen las técnicas y herramientas de gestión de proyectos para la identificación y análisis de desviaciones de costo y calendario del proyecto	
El equipo de proyecto analiza, con frecuencia, la evolución de los costos y calendario del proyecto respecto al plan; identifica las desviaciones y sus causas y las medidas correctivas aplicables	
Se aplican con prontitud las medidas para la corrección de las desviaciones de costo y calendario identificadas, negociando las mismas cuando es necesario con los afectados por	

ellas	
El reconocimiento de ingresos y márgenes del proyecto se realiza de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos	
Cuando es necesario cambiar el plan maestro del proyecto, se siguen las normas y procedimientos declarados al respecto	
Los cambios de configuración se negocian con el cliente cuando tienen un impacto en el producto final y sus prestaciones, los costos o el calendario del proyecto; y se comunican y documentan adecuadamente	
La calidad de los procesos y productos se supervisa, gestiona y documenta satisfactoriamente	
Se supervisan frecuentemente los riesgos e incidencias del proyecto y el plan de contención de riesgos y se actualiza el mismo cuando es necesario	
Se celebran reuniones periódicas, de información y coordinación del proyecto, entre el equipo de proyecto, los directivos funcionales y los responsables de las unidades organizativas participantes en el proyecto. Se invita a las mismas a subcontratistas y proveedores clave cuando es conveniente	
Los informes mensuales de gestión del proyecto son precisos en los datos y fiables en las estimaciones que aportan	
La Dirección está informada de la evolución del proyecto. Se consigue ayuda y apoyo de la misma cuando es necesario	
Debe procederse al cierre del proyecto	

4.2.6 FASE 6. CIERRE

El objetivo de la fase de cierre es concluir el proyecto de una forma ordenada que evite incidencias adversas pos-cierre del contrato y maximice la capitalización de los beneficios del proyecto por parte de la compañía y el equipo de proyecto.

La fase de cierre del proyecto comprende las siguientes actividades:

- ❖ Entrega del producto y aceptación por el cliente: Pruebas, Medidas, Ensayos, Emisión de certificados de conformidad y garantía de acuerdo al contrato.

- ❖ Cierre Financiero: Han finalizado todas las actividades del proyecto, se ha facturado la totalidad del mismo y no existen provisiones pendientes de aplicación

4.2.6.1 Evaluación formal del proyecto

Se realiza por el Gerente del proyecto y se comunica a la alta Dirección, comprendiendo:

Evaluación de los resultados:

- ❖ Resultados del proyecto versus objetivos establecidos
- ❖ Costo, calendario y desempeño técnico del producto versus plan maestro y especificación

Nivel de Satisfacción del cliente

- ❖ ¿Comprará en el futuro a la compañía?
- ❖ ¿Puede ser utilizado como referencia?
- ❖ Cambios de alcance y su impacto en el costo, calendario y margen del proyecto.
- ❖ Factores que han afectado a la calidad del trabajo.
- ❖ Eficacia de los métodos y procedimientos.
- ❖ Recomendaciones para proyectos futuros y para el propio proyecto.

Análisis de resultados

- ❖ Resumen de resultados y evaluación de los mismos
- ❖ Resultados comparados con la propuesta
- ❖ Nuevos productos y desarrollos realizados
- ❖ Nuevas tecnologías aplicadas
- ❖ Cómo se trataron los problemas
- ❖ Lecciones aprendidas, competencias técnicas y de gestión adquiridas por el
- ❖ equipo de proyecto

Oportunidades creadas

Recomendaciones

Elaboración de documentación para el archivo histórico del proyecto, debe comprender al menos:

- ❖ Propuesta
- ❖ Contrato
- ❖ Documentación de desarrollo de concepto
- ❖ EDT (WBS- Estructura de Desglose del Trabajo) y plan integrado de proyecto
- ❖ Evaluación del proyecto
- ❖ Disolución del equipo de proyecto

Como resultado de la aplicación y elaboración de las herramientas descritas se ofrece al grupo directivo un direccionamiento enfocado al cumplimiento al mejoramiento de los procesos y procedimientos internos descritos en el control y operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas definidos en la Corporación y de esta manera se orienta la investigación al cumplimiento de los objetivos generales del proyecto

Cabe resaltar algunas características importantes que arroja este proceso de implementación como son:

- ❖ Se ofrece un vocabulario común para el uso y la aplicación de los conceptos de la dirección de proyectos dentro de la profesión de la dirección de proyectos. Un vocabulario común es un elemento esencial en toda disciplina profesional.
- ❖ Se define de manera clara entregándole las responsabilidades y obligaciones en el Marco del proyecto al Sponsor del proyecto, al cliente final y al gerente del Proyecto,
- ❖ Se define bajo la metodología: El alcance del Proyecto, el Presupuesto para el proyecto, los requerimientos legales, las restricciones relevantes, la matriz de

riesgos, el plan de comunicación, los criterios de aceptación y el control de cambios.

CONCLUSION

La investigación técnico económica para la selección de la tecnología más adecuada para la Corporación arrojó como resultado selección de la Tecnología de Lodos Activados SBR. El proyecto de la planta de aguas residuales con el método de SBR, es la solución óptima para la mejora de remoción de la carga contaminante actual, la cual le permitirá a la COTECMAR solucionar de manera estable y a largo plazo la problemática ambiental de incumplir las normas de vertimientos vigentes y así descargar a la bahía de Cartagena sus aguas tratadas cumpliendo al 100% la normatividad y regulaciones.

Adicionalmente, la tecnología SBR proporciona que la Corporación este dotado con un sistema de tratamiento de agua residual con tecnología avanzada y actualizada y así proporciona a la misma un soporte de confiabilidad con los resultados que arrojen los entes de control, esto considerando los criterios que se tuvieron en cuenta durante el proyecto tales como la viabilidad técnica, económica, legal y ambiental.

El desarrollo de la investigación identificó las características y propiedades relevantes de dos tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, como son la tecnología por lodos activados SBR y la tecnología MBBR. Cabe resaltar que estas tecnologías garantizan el cumplimiento legal y ambiental requerido.

La caracterización de las aguas fue el punto de partida para el diseño y selección de la tecnología más apropiada, garantizando un menor impacto ambiental, entregando un mayor beneficio ambiental el cual está asociado al vertido del agua tratada en el efluente.

El beneficio ambiental está vinculado al vertido del efluente tratado en el mar, debido a su capacidad de dilución y dispersión. Por otro lado, la reutilización del agua regenerada también supone importantes beneficios ambientales ya que permite reducir la presión sobre los recursos hídricos convencionales y a la vez evita el vertido de sustancias contaminantes al mar.

Cabe resaltar que el estudio técnico definió el área más adecuada para la instalación y operación de la Planta de Tratamiento dentro del complejo, así mismo, ofrece un cronograma de tiempo de las actividades e hitos relevantes para dar cumplimiento dentro de los plazos estimados de ejecución.

La Corporación con el resultado de esta investigación encuentra los soportes técnicos, económicos, ambientales, legales para la implementación de la PTAR-SBR. Se determinó también que la PTAR-SBR fue la mejor alternativa en el manejo de las aguas residuales domésticas porque cumplió con todas las especificaciones y restricciones establecidas por la empresa, tanto técnicamente y económicamente. En el aspecto financiero el proyecto es rentable, ya que se obtuvo una diferencia del 22,5 % con respecto al presupuesto establecido, lo que indica la alta factibilidad del proyecto.

El principal objetivo de los proyectos de tratamiento de aguas residuales es la descontaminación, es decir, la disminución del deterioro de la calidad de los cuerpos de agua que reciben las descargas de aguas residuales domésticas e industriales. En esta evaluación se dejó como intangible dicho beneficio. Ya que la tecnología SBR, nos asegura una remoción de contaminantes sobre el 80%.

Dentro de la cadena de valor del proyecto se desarrolló el Plan de Implementación bajo la metodología del PMI abarcando en su totalidad las seis Fases alineadas en la Guía PMBOK, entregando una herramienta que garantiza el control y seguimiento de los recursos asignados para lograr el alcance esperado.

En conclusión, la puesta en marcha del proyecto es factible técnica y económicamente y su implementación permitirá a COTECMAR mantener su imagen como institución comprometida con el medio ambiente y de esta forma, cumplir con los requisitos descritos en el permiso de vertimientos otorgado por CARDIQUE para verter sus aguas residuales domésticas a la bahía de Cartagena.

RECOMENDACIÓN

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación se recomienda de manera prioritaria ejecutar los recursos de excedentes corrientes en la implementación del proyecto de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para el complejo de Mamonal por medio de la tecnología de Lodos Activados SBR garantizando el cumplimiento de la normatividad legal vigente.

Este proyecto debe ser desarrollado en corto plazo con el fin de disminuir la probabilidad de materialización de los riesgos haciendo énfasis en el cumplimiento normativo, lo cual podría ocasionar una sanción monetaria o en el peor escenario una sanción de cierre temporal de las operaciones.

Para la implementación del proyecto se recomienda utilizar la metodología de proyectos descritas en la guía PMBOK haciendo énfasis en las seis Fases descritas en el desarrollo del Plan, con el fin de controlar de manera eficiente y transparente los recursos asignados optimizando el tiempo de ejecución y el recurso humano asignado al proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

ACODAL. (2000). *PTAR*. Obtenido de 43avo Congreso de ACODAL:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal43/tar.pdf>

Acuña Torres, R. (30 de 04 de 2008). *COMO FUNCIONA UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS*. Obtenido de Biotecnología Práctica:
<https://bioreactorcrc.com/2008/04/30/como-funciona-una-planta-de-lodos-activados/>

AJOVER S.A.S. (2016). *Monitoreos Aguas Residuales*. Cartagena.

Andreo, M. (2011). *DBO*. Obtenido de Centro Científico y Tecnológico Mendoza:
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DBO.htm>

Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos, Sexta Edición*. México: Mc Graw Hill.

Borkar, R. P., Gulhane, M. L., & Kotangale, A. J. (2013). Moving Bed Biofilm Reactor. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, págs. 15-21.

Caracol, R. (s.f.). *Radio Caracol*. Obtenido de <http://www.caracolradio.co>

Cartagenadeindias.com. (2009). *Clima y Temperatura*. Obtenido de Cartagenadeindias.com:
<http://www.cartagenadeindias.com/cartagenadeindias/climaytemperatura.html>

Cartagena-Indias.com. (s.f.). *La historia de Cartagena de Indias*. Obtenido de cartagena-indias.com: <http://www.cartagena-indias.com/historia.html>

Chen, S.-K. (1991). Nitritification and Denitritification of High-Strength Ammonium and Nitrite Wastewater with Biofilm Reactors. *Water Science & Technology*, 1417-1425.

CORPONARIÑO. (27 de 09 de 2002). *Sólidos Suspendidos Totales*. Obtenido de Corponarino.gov.co:
<http://corponarino.gov.co/modules/wordbook/entry.php?entryID=367>

COTECMAR. (2016). *COTECMAR ubicación*. Obtenido de COTECMAR:
<http://www.cotecmar.com/nuestras-instalaciones>

DANE. (2005). *Censo General Cartagena Bolivar*. Obtenido de Dane.gov.co:
http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/13001T7T000.PDF

ECOPLANET. (2016). *Cotización planta de tratamiento MBBR*. Cartagena.

EDOSPINA. (2016). *Cotización PTAR SBR*. CARTAGENA. Obtenido de EDOSPINA.

Endress+Hauser Management AG. (s.f.). *Optimice la aireación en el tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de Endress+Hauser Management AG:
<https://www.es.endress.com/es/industrias/water-&-wastewater/aireacion-aguas-residuales>

ExxonMobil. (2016). *Monitoreo Aguas Residuales*. Cartagena.

Gnanadipathy, A., & Polprasert, C. (1993). Treatment of a domestic wastewater with UASB reactors. *Water Science Technology*, 195-203.

Gómez de Segura, R. (2008). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Obtenido de UPV.es:
<http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf>

Google Maps. (2017). *Mamonal*. Obtenido de <http://maps.google.com/>

Grupo de Investigación en Ecología Básica y Aplicada. (Junio de 2007). *Oxígeno Disuelto*. Obtenido de Asociación Civil de Investigación y Desarrollo:

http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf

Huerga Pérez, E. (2005). *Desarrollo de alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales mediante el uso de tecnologías limpias dirigidas al reciclaje y/o valoración de contaminantes*. Obtenido de Universidad de Valencia: <http://roderic.uv.es/handle/10550/15133>

ICONTEC. (1995). *NTC-ISO 5667- 10: GESTION AMBIENTAL. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES*.

ICONTEC. (1996). *GTC 31 - GESTIÓN AMBIENTAL. AGUA. GUIA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE TOXICIDAD*.

IDEAM. (2007). *DEMANDA BIOQUIMICA DE OXÍGENO – 5 días, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

Kawan, J., Hasan, H., Suja, F., & Bin, O. (2016). A REVIEW ON SEWAGE TREATMENT AND POLISHING USING MOVING BED BIOREACTOR (MBBR). *Journal Of Engineering Science And Technology*, 1098 - 1120.

Lenntech. (2016). *Nitritos*. Obtenido de Lenntech: <http://www.lenntech.es/nitritos.htm#Como%20eliminar%20los%20nitritos%20de%20su%20agua>

Letón García et al, P. (2006). *Tratamientos Avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: Edupubli.

Malteria Tropical. (2016). *Monitoreo Aguas Residuales*. Cartagena.

Menéndez Gutiérrez, C. (2007). *procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales*. Valencia: Universitaria.

Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales*. Madrid: McGraw-Hill.

Min Salud. (8 de Diciembre de 1974). *DECRETO 2811 DE 1974*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>

Min. Ambiente. (25 de Octubre de 2010). *DECRETO 3930 DE 2010*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

Min. Salud. (24 de Enero de 1979). *LEY 9 DE 1979*. Obtenido de Alcaldía Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

Min. Salud. (26 de Junio de 1984). *DECRETO 1594 DE 1984*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

Minambiente. (2012). *DECRETO 2667 DE 2012*. Obtenido de Alcaldía Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=51042>

Morales Posada, N. B., Niño, A., & Eunice, G. (2010). SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN COMO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GALVÁNICAS. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 33-44.

Munozel, A. (29 de Abril de 2011). *Reactor SBR*. Obtenido de aldomunozel.com: aldomunozel.com

ONU. (21 de Junio de 2011). *ONU lanza iniciativa para el saneamiento*. Obtenido de Naciones Unidas: <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/MDG/noticias/noticias/8/43808/P43808.xml&xsl=/MDG/tpl/p1f.xsl&base=/tpl/imprimir.xsl%20declaracion%20de%20la%20ONU>

- Ortiz Hernández, L., Gutiérrez Ruiz, M. E., & Sánchez Salinas, E. (1995). Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 11, núm. 2, 105-115.
- Pacheco Vega, R. (2007). Construyendo puentes entre la política ambiental y la política de tratamiento de aguas en la cuenca Lerma-Chapala. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 24, 995-1024.
- Palomares, A. E. (2013). *Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento*. Obtenido de Instituto de Tecnología Química: <http://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>
- Ramalho, R. S. (1990). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Quebec, Canada: Reverté S.A.
- Salud, M. d. (1984). Decreto 1594 . *Vertimientos d agua residual y usos del agua* .
- Samboni Ruiz, N. E. (Diciembre de 2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación de agua. (SciELO, Ed.) *Revista Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de Proyectos*. Bogota: McGraw Hill.
- Schmidt, T. M., & Schaechter, M. (2011). *Topics in ecological and environmental microbiology* (3rd ed ed.). UK: Academic Press.
- SINIA. (s.f.). *Tecnología de Lodos Activados*. Obtenido de Sistema Nacional de Información Ambiental: http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_30.pdf

Technische Universität Hamburg . (s.f.). *Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor*. Obtenido de Technische Universität Hamburg : https://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/lessons/lesson_b3/lm_pg_1312.html

Tejedor, L., & Velasco, N. (Enero de 2009). *Calidad Ambiental 2 Tramo 2, Tecnologías de Tratamiento*. Obtenido de Universidad Bolivariana de Venezuela: http://koha.ubv.edu.ve/cgi-bin/koha/opac-search.pl?q=calidad+ambiental+2&branch_group_limit=

UNAL. (2002). *Características de las aguas residuales*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301332/contLinea/leccin_2_caractersticas_de_las_aguas_residuales.html

Vierira, M., Carvalho, J. L., & Barijan , O. (1994). Application of the UASB technology for sewage treatment in a small community at sumare, sao Paulo state. *Water Science & Technology*, 203-210.

Zapata Hernandez, R. D. (s.f.). *Medida de Acidez en los suelos*. Obtenido de Universidad Nacional: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1735/5/9583367125.5.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Equipo Kit Hach Fish Farming



Anexo 2: Equipos Multiparámetro

HI 98194



HI 83099



Anexo 3 Encuestas a empresas del entorno

Encuesta AJOVER S.A.S

Investigación sobre la viabilidad técnico-económica para un sistema de tratamiento de agua residual doméstica en CONTECMAR sede Mamonal.

Entrevistador/a: Kendry Horta - Ajovert

Fecha: 18/04/2017

A continuación encontrará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión e información sobre diversos aspectos acerca del Proyecto de viabilidad económica para la implementación de un PTAR.

1. ¿Qué tipo de tecnología utilizan para el manejo del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas?

El proceso utilizado para el tratamiento de agua es biológico, por medio de dosificación de bacterias y lodos activados

2. ¿Cuál es la capacidad (caudal) que tiene el sistema de tratamiento de agua residual domestica que utilizan?

96 metros3/día

3. Seleccione la cantidad de personal necesario o utilizado para el manejo del sistema de tratamiento de agua residual domesticas:

- a) 1 a 2 personas
b) 3 a 5 personas
c) 5 a 7 personas
d) 8 a 10 personas

4. ¿Cuál es el caudal máximo manejado?
Hasta 116 mtros 3/día

5. ¿Tienen acompañamiento técnico del proveedor de su PTAR?

- a) SI
b) NO

6. Si la respuesta anterior es Si. ¿Cuál diría usted que es la rapidez y calidad de la respuesta en el caso de dudas? Evalúe su respuesta en una escala de 1 a 5, donde 1 es muy poco, 2 es poco, 3 es regular, 4 es bueno y 5 es muy bueno.

Por favor encierre en un círculo la alternativa que más se parece a lo que usted piensa.

Nivel de conocimiento				
Muy Poco	Poco	Regular	Bueno	Muy Bueno
1	2	3	4	5

7. Seleccione el periodo con que se realizan las pruebas o análisis de laboratorios para las aguas residuales domésticas.

- a) Anual
- b) Semestral**
- c) Trimestral
- d) Mensual

8. Cuáles son las pruebas de laboratorios que le realizan al análisis de las aguas residuales domésticas.

DQO, DBO, SST, Grasas y aceites, caudal, pH,

9. Quien realiza las pruebas o análisis de laboratorios para las aguas residuales domésticas.

- a) Agente externo**
- b) Agente interno

10. ¿Cuál es la modalidad de trabajo para el manejo del PTAR utilizado?

- a) 8 Horas (Turno ordinario)**
- b) 12 horas (Turno ordinario)
- c) 8 Horas (turnos rotativos)
- d) 12 horas (turnos rotativos)

11. Mencione la marca del PTAR utilizado

Construido por la empresa Hidro control integral Ltda.

12. La tecnología implementada cumple con la normatividad legal vigente.

- c) SI**
- d) NO

Muchas Gracias

Encuesta ExxonMobil

Investigación sobre la viabilidad técnico-económica para un sistema de tratamiento de agua residual doméstica en CONTECMAR sede Mamonal.

Visitador/a: Ricardo A. Teliz

Fecha: 18/04/2017

Continuación encontrará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión e información sobre diversos aspectos acerca del Proyecto de viabilidad económica para la implementación de un PTAR.

1. ¿Qué tipo de tecnología utilizan para el manejo del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas?

AGAR (Attached Growth Airlift Reactor)
Reactor biológico de lecho móvil

2. ¿Cuál es la capacidad (caudal) que tiene el sistema de tratamiento de agua residual doméstica que utilizan?

10 m³

3. Seleccione la cantidad de personal necesario o utilizado para el manejo del sistema de tratamiento de agua residual domésticas:

- ☒ a) 1 a 2 personas
b) 3 a 5 personas
c) 5 a 7 personas
d) 8 a 10 personas

4. ¿Cuál es el caudal máximo manejado?

6 m³

5. ¿Tienen acompañamiento técnico del proveedor de su PTAR?

- ☒ a) SI
b) NO

6. Si la respuesta anterior es SI. ¿Cuál diría usted que es la rapidez y calidad de la respuesta en el caso de dudas? Evalúe su respuesta en una escala de 1 a 5, donde 1 es muy poco, 2 es poco, 3 es regular, 4 es bueno y 5 es muy bueno.

Favor encierre en un círculo la alternativa que más se parece a lo que usted piensa.

Nivel de conocimiento				
Muy Poco	Poco	Regular	Bueno	Muy Bueno
1	2	3	4	5

7. Seleccione el periodo con que se realizan las pruebas o análisis de laboratorios para las aguas residuales domésticas.

- ☒ a) Anual
- b) Semestral
- c) Trimestral
- d) Mensual

8. Cuáles son las pruebas de laboratorios que le realizan al análisis de las aguas residuales domésticas.

PBO, DQO, Azufre, Nitrogeno, Sólidos Suspensos, Hidrocarburos Totales

9. Quien realiza las pruebas o análisis de laboratorios para las aguas residuales domésticas.

- ☒ a) Agente externo
- b) Agente interno

10. ¿Cuál es la modalidad de trabajo para el manejo del PTAR utilizado?

- a) 8 Horas (Turno ordinario)
- b) 12 horas (Turno ordinario)
- c) 8 Horas (turnos rotativos)
- d) 12 horas (turnos rotativos)

e) Trabajo en automático los 24 Hr en función del Volumen

11. Mencione la marca del PTAR utilizado

ACAR MBBR

12. La tecnología implementada cumple con la normatividad legal vigente.

- ☒ c) SI
- d) NO

Muchas Gracias